Alexandre Koyré
Pensar la ciencia

Introducción de
Carlos Solís

Paidós I.C.E. | U.A.B.

Koyré

Pensamiento Contemporáneo 34

PENSAMIENTO CONTEMPORÁNEO
Colección dirigida por Manuel Cruz

1. L. Wittgenstein, *Conferencia sobre ética*
2. J. Derrida, *La desconstrucción en las fronteras de la filosofía*
3. P.K. Feyerabend, *Límites de la ciencia*
4. J.F. Lyotard, *¿Por qué filosofar?*
5. A.C. Danto, *Historia y narración*
6. T.S. Kuhn, *¿Qué son las revoluciones científicas?*
7. M. Foucault, *Tecnologías del yo*
8. N. Luhmann, *Sociedad y sistema: la ambición de la teoría*
9. J. Rawls, *Sobre las libertades*
10. G. Vattimo, *La sociedad transparente*
11. R. Rorty, *El giro lingüístico*
12. G. Colli, *El libro de nuestra crisis*
13. K.-O. Apel, *Teoría de la verdad y ética del discurso*
14. J. Elster, *Domar la suerte*
15. H.G. Gadamer, *La actualidad de lo bello*
16. G.E.M. Anscombe, *Intención*
17. J. Habermas, *Escritos sobre moralidad y eticidad*
18. T.W. Adorno, *Actualidad de la filosofía*
19. T. Negri, *Fin de siglo*
20. D. Davidson, *Mente, mundo y acción*
21. E. Husserl, *Invitación a la fenomenología*
22. L. Wittgenstein, *Lecciones y conversaciones sobre estética, psicología y creencia religiosa*
23. R. Carnap, *Autobiografía intelectual*
24. N. Bobbio, *Igualdad y libertad*
25. G.E. Moore, *Ensayos éticos*
26. E. Levinas, *El Tiempo y el Otro*
27. W. Benjamin, *La metafísica de la juventud*
28. E. Jünger y M. Heidegger, *Acerca del nihilismo*
29. R. Dworkin, *Ética privada e igualitarismo político*
30. C. Taylor, *La ética de la autenticidad*
31. H. Putnam, *Las mil caras del realismo*
32. M. Blanchot, *El paso (no) más allá*
33. P. Winch, *Comprender una sociedad primitiva*
34. A. Koyré, *Pensar la ciencia*

Alexandre Koyré

Pensar la ciencia

Introducción de Carlos Solís



Ediciones Paidós
I.C.E. de la Universidad Autónoma de Barcelona
Barcelona - Buenos Aires - México

Título original: *Études d'histoire de la pensée philosophique:*
a) De l'influence des conceptions philosophiques sur l'evolution des théories scientifiques (págs. 253-269)
b) Les philosophes et la machine (págs. 305-339)
c) Du monde de l'"a-peu-près" à l'univers de la précision (págs. 341-362)

Publicado en francés por Éditions Gallimard, París

Traducción de Antonio Beltrán Marí

Cubierta de Mario Eskenazi

Obra publicada con la ayuda del Ministerio francés de Cultura y Comunicación

1.ª edición, 1994

ISBN: 84-493-0046-0
Depósito legal: B-29.997/1994

Impreso en Novagràfik, S.L.
Puigcerdà, 127 - 08018 Barcelona

Impreso en España - Printed in Spain

500316 48072

SUMARIO

Introducción, por *Carlos Solís* 9
Vida de Koyré 10
Una historia de la ciencia metafísicamente motivada 17
Una historia inmanente 21
La confusión entre internismo e idealismo .. 30
Principales obras de Koyré sobre la historia de la ciencia 40
Algunos escritos sobre Alexandre Koyré 42

Pensar la ciencia

1. La influencia de las concepciones filosóficas en las teorías científicas 47
2. Los filósofos y la máquina 71
   1. La evaluación del maquinismo 71
   2. Los orígenes del maquinismo 85
3. Del mundo del «aproximadamente» al universo de la precisión 117

INTRODUCCIÓN

ALEXANDRE KOYRÉ Y LA HISTORIA DE LA CIENCIA

Alexandre Koyré (1892-1964) fue el «padre» de los historiadores profesionales de la ciencia que se están jubilando en estos años. Su peculiar manera de entender la disciplina influyó directamente sobre los historiadores, especialmente anglosajones, que se iniciaban en el campo allá por los años cuarenta[1] y que fueron y son a su vez los maestros de las generaciones actuales. Antes de ellos apenas existían puestos remunerados para la enseñanza e investigación de la Historia de la Ciencia, y el propio Koyré pasó la mayor parte de su vida en la Sección V de la *École Pratique des Hautes Études* dedicada a las disciplinas religiosas. Así pues, aparte de por el indudable interés intrínseco de su novedoso enfoque historiográfico, la influencia de Koyré resultó crucial por el momento histórico en que se ejerció, pues inspiró y apadrinó a los primeros y más influyentes historiadores profesionales de la ciencia.

El estilo historiográfico de Koyré huía de la tendencia positivista a dar una lista de los logros parciales del pasado respecto del estado actual del saber. Por el contrario, se centraba en una lectura atenta y simpatética de los textos pretéritos para tratar de captar los siste-

1. Como, por ejemplo, M. Clagett, I. B. Cohen, A. Crombie, H. Guerlac, A. R. Hall, M. Boas, C. Gillispie, J. Murdoch, E. Grant, T. Kuhn o R. S. Westfall, aunque este último no estuvo asociado directamente con él. A ellos se añadieron en Francia P. Costabel y R. Taton.

mas de creencias ajenos a fin de ver el mundo a través de sus ojos y comprender las «razones razonables» de sus posiciones, muchas de las cuales parecerían de otro modo estrambóticas. Alexandre Koyré rastreaba la filiación de las ideas y la estructuración de esos sistemas de pensamiento para hacer entrar a sus lectores en el mundo mental en que vivían no sólo los Galileo, Kepler y Newton, sino también los Paracelso, Boehme o More. Pero ¿quién era ese personaje elegante, enjuto y distante; quién era ese pelirrojo políglota, agudo y reservado; quién era ese judío ruso, emigrado y cosmopolita? Sabemos qué escribió y dónde trabajó, pero conocemos mal a la persona; ignoramos las ideas filosóficas fundamentales que inspiran su trabajo historiográfico, y existe un cierto misterio en torno a las posiciones políticas de este terrorista quinceañero que tuvo una confusa participación en la Revolución de Octubre y acabó colaborando con el general De Gaulle.

Vida de Koyré

Alexandre Koyré nació en el mismo pueblo que A. Chejov, en Taganrog (Rusia), el 29 de agosto de 1892, hijo de un comerciante importador de productos coloniales e inversor en los pozos petrolíferos de Bakú. Comenzó su educación secundaria en Tiflis y en 1905 participó en las revueltas, lo que le valió ser encarcelado por terrorista o propagandista. Y así como Íñigo de Loyola herido en su castillo leía el *Flos sanctorum*, Koyré leyó en la trena las *Investigaciones lógicas* de E. Husserl. Tras finalizar sus estudios secundarios en Rostov-na-Donu, marchó a París en 1908 y de allí pasó a Gotinga, donde desde finales de 1909 hasta 1912, se convirtió en uno de los primeros discípulos extranjeros de Husserl. Siem-

pre reconoció sus orígenes fenomenológicos, pero aunque andando el tiempo llegó a estar bastante asociado con Husserl, en realidad quien influyó más sobre él fue Adolf Reinach con quien compartía el gusto por la erudición histórica y por el realismo platónico y el antipsicologismo, no menos que el rechazo del idealismo trascendental del maestro. Parece que, aunque Malvina Husserl lo trataba como a un hijo, Edmund tenía de él una opinión regular, pues lo recuerda de esta época como «altanero y un poco inmaduro» y con una psicología «un tanto primitiva». Incluso rechazó su propuesta de tesis doctoral sobre las paradojas, tema sobre el que escribió tres artículos de interés mediano. De manera que levantó el campo y se trasladó a París a finales de 1912.

Allí estudió con H. Bergson que, como Husserl en Alemania, llevaba a cabo su propia campaña antipositivista. Siguió también cursos con A. Lalande y L. Brunschvicg, y aunque no estableció lazos muy estrechos con ninguno de ellos, se encontró a gusto entre los círculos eslavos influidos por Husserl, frecuentados por personas como E. Minkowski y A. Gurvitch. Aquí dejó las paradojas e inició sus investigaciones sobre pensamiento religioso. Con F. Picavet, de *L'École Pratique,* empezó a trabajar sobre San Anselmo.

La Guerra Europea interrumpió su trabajo. Aunque era ruso, se alistó en Francia donde luchó un par de años antes de pasar a un regimiento ruso con el que combatió en el frente del suroeste. Al parecer tomó parte en la revolución de febrero pero se opuso a la de octubre. De algún modo se las arregló para luchar contra blancos y rojos antes de salir del lío y regresar a París, donde se encontró con que su antiguo casero le había guardado el manuscrito sobre san Anselmo y donde en 1919 se casó con Dora Rèybermann, de una familia de Ode-

sa. En 1922 un *Essai sur l'idée de Dieu et les preuves de son existence chez Descartes* le valió el diploma de la Sección V y el nombramiento como lector que ejerció hasta 1931. Al año siguiente, su trabajo sobre *L'idée de Dieu dans la philosophie de St. Anselme* le sirvió como tesis doctoral en la Sorbona, y seis años más tarde consiguió el *doctorat d'État* con su trabajo sobre *La Philosophie de J. Boehme.*

Sus estudios sobre Boehme tienen un interés especial, pues le convencieron de que el pensamiento de ese zapatero remendón no se podía entender sin tener en cuenta a Copérnico, lo que lo llevó del pensamiento religioso al científico.

Sin embargo, tal cambio de intereses no se reflejó en un mayor contacto con las instituciones de historia de la ciencia. El *Centre International de Synthèse* de Henri Berr tenía una sección,de Historia de la Ciencia en la que estaba A. Mieli, secretario también del Comité Internacional de Historia de la Ciencia[2] que se transformó en 1929 en la Academia Internacional para la Historia de la Ciencia y que adoptó como publicación oficial la revista *Archeion* editada por Mieli. Éste practicaba una historia positivista al estilo de G. Sarton, de cuya revista *Isis* fue editor italiano desde su fundación en 1912, de manera que su historia como lista de autores, obras y «logros» no podía estar más en desacuerdo con la historiografía de Koyré, con esa sensibilidad hacia los sistemas de creencias y las estructuras de pensamiento importada de la historia de la filosofía. Concretamente, Koyré defendía el origen me-

2. Los otros miembros del Comité eran A. Rey, G. Sarton, C. Singer, H. E. Sigerist, K. Sundhoff y L. Thorndyke. El Comité organizó el Primer Congreso Internacional de Historia de la Ciencia, celebrado en París en 1929.

tafísico de la Revolución Científica contra el hincapié del positivismo en los hechos y los experimentos. Por ello, no es de extrañar que Mieli se opusiese en 1935 a la propuesta de H. Metzger de que Koyré fuese elegido para formar parte del *Centre International de Synthèse.*[3] Así pues, Koyré estuvo casi toda su vida al margen de las instituciones europeas de historia de la ciencia y sólo tras la muerte de Mieli en 1950 fue elegido para la *Académie internationale d'histoire des sciences.*

De modo que Koyré siguió en la sección V de *l'École Pratique* dedicada a ciencias religiosas, donde fue nombrado «director de estudios» en 1932 y donde impartió cursos sobre religión y ciencia hasta 1962, un par de años antes de su muerte, cuando la leucemia lo apartó de las actividades académicas.

Como resultado de sus lecturas sobre el copernicanismo motivadas por Boehme, publicó en 1934 la traducción del Libro I del *De revolutionibus orbium coelestium* de Copérnico, lo que constituyó su primera publicación en el campo de la historia de la ciencia. Pero siguió trabajando sobre otros tema filosóficos, dio cursos sobre hegelianismo en *L'École Normale Supérieure* y fundó el anuario *Recherches philosophiques* que sacó seis números de 1931 a 1937, y dio clases esporádicamente en Montpellier y El Cairo.

En esta última ciudad dio fin en 1938 a sus investigaciones sobre Galileo, que se recogieron en su primer libro de historia de la ciencia, los *Études galiléennes,* que salió a la luz en abril de 1940 (con fecha de 1939), justo antes de la invasión alemana de Francia, por lo que la obra tuvo poca difusión (la primera recensión no apareció en ese país hasta 1947 por obra de P. Cos-

3. En 1938 A. Mieli criticó negativamente en *Archeion,* 21, un artículo de Koyré sobre la experiencia de Pisa de 1937.

tabel). Pero a pesar de ello, la Guerra Mundial convertiría a Koyré en un historiador de la ciencia de proyección internacional.

La invasión de Francia lo sorprende en El Cairo. Marcha a París, adonde llega en junio cuando evacuan la ciudad ante el avance alemán, de modo que corre de nuevo a El Cairo donde se entrevista con De Gaulle y le ofrece sus servicios. Éste, aprovechando que el historiador tenía visado de EE.UU., lo envía como propagandista suyo ante el gobierno norteamericano que era favorable a Petain (en 1942 voló a Londres a informar al general, pero no sabemos nada de sus actuaciones diplomáticas). En Nueva York fundó con otros exilados *L'École Libre des Hautes Études* donde enseñó durante la guerra. En los Estados Unidos conectó con los jóvenes B. Cohen, M. Clagett, C. Gillispie, H. Guerlac, etc., y entabló relaciones estables de manera que tras la guerra y su vuelta a París, se las arregló para dar cursos en su Sección V y en las universidades de Harvard, Yale, Johns Hopkins, Chicago y Winsconsin. En París frecuentó también desde 1946 el *Centre International de Synthèse* donde se encontró con los historiadores franceses S. Delorme, P. Costabel, M. Russo, M. Daumas y R. Taton.

Así, tras la guerra, A. Koyré se convirtió en el inspirador de las jóvenes generaciones de historiadores de la ciencia de ambas orillas del Atlántico Norte. Sin embargo, a pesar de que en 1950 le eligieron para la *Académie Internationale*, en 1951 el intento de L. Febvre de conseguirle la cátedra que E. Gilson dejara vacante en el *Collège de France* fracasó lo que explica sólo en parte que su influencia en Francia fuese mucho menor que en los EE.UU. En 1954, finalmente pudo enseñar historia de la ciencia en París gracias a la creación de una dirección de estudios sobre «Historia del pensamiento científico» en la Sección VI de *l'École Pratique* dedica-

da a las ciencias económicas y sociales. Sin embargo su proyección fue mayor en EE.UU. Desde 1955 pasaba el primer semestre escolar en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton y en primavera volvía a París. Allá no consiguió ampliar su público, mientras que en Estados Unidos se asoció desde 1954 con B. Cohen para la edición de los *Principia* de Newton y ese mismo año publicó *Del mundo cerrado al universo infinito*, su segundo libro de historia de la ciencia y sin duda el más conseguido.

Finalmente, en 1958 llegó el reconocimiento institucional en Francia con la formación de un centro que combinaba la Sección VI y *Synthèse*, la *École des Hautes Études en Sciences Sociales*, que a partir de 1966 se llamaría *Centre Alexandre Koyré*. En 1961 se publicó su tercer y último libro sobre historia de la ciencia, *La révolution astronomique*, y al año siguiente la leucemia le impidió ir a Princeton. Falleció el 28 de abril de 1964. Póstumamente se publicaron las colecciones de artículos *Newtonian Studies* (1965) y los *Études d'histoire de la pensée scientifique* (1966).

Como A. O. Lovejoy, fundador en 1940 del *Journal of History of Ideas*, Koyré creía en la eficacia causal de las ideas y era contrario a toda forma de anti-intelectualismo, de manera que no concedía valor a las tesis sociologistas de R. K. Merton ni a las de los historiadores marxistas que daban cuenta de la ciencia en términos socieconómicos. Es curioso que T. S. Kuhn, quien más ha influido después de él en revolucionar la historiografía de la ciencia, lo llame *maître*, a la vez que reintroduce las consideraciones sociológicas en la explicación de la dinámica de las teorías científicas. T. S. Kuhn aprendió de Koyré a identificar la estructura y coherencia interna de sistemas de creencias distintos y discontinuos, lo cual marca el origen de su carrera de his-

toriador.[4] Pero es sorprendente que Kuhn, que tanto aprendió del nuevo enfoque historiográfico de Koyré, que tanto contribuyó a su vez a desplazar la historiografía positivista que veía a la ciencia como un proceso de acumulación continua de conocimientos, contribuyese en tal medida a borrar uno de sus mayores legados, el intelectualismo. A. R. Hall señalaba[5] que el influjo de Koyré había sido tal que casi eliminó por completo el interés por los estudios sociológicos de la ciencia. Así, desde que en 1953 se publicaron unos artículos sobre las relaciones sociales de la ciencia en *Centaurus,* no aparecieron artículos de tal orientación hasta el momento en que escribía Hall (1963) ni en esa revista ni en *Isis, Anals of Science, Revue d'Histoire des Sciences o Archives Internationales.* En 1962, sin embargo, había aparecido *La estructura de las revoluciones científicas,* donde Kuhn caracterizaba los marcos conceptuales del pensamiento científico que le había enseñado a estudiar Koyré, a la vez que mostraba la insuficiencia de las razones lógicas para dirigir la ciencia. Abría así paso a un cierto relativismo, anti-intelectualismo o sociologismo que había sido el enemigo de Koyré desde sus años de Gotinga. Hoy basta con echar un vistazo a la vieja revista *Isis,* al *British Journal for the History of Science,* a *Annals of Science,* por no hablar de los *Social Studies of Science,* para contemplar la tendencia contraria a la que observara. A. R. Hall como consecuencia de la obra de Koyré. Esta inversión fue obra de Kuhn, el seguidor de Koyré. Esta paradoja nos pone en la pista de una incoherencia en la historiografía de Koyré que trataré de exponer en lo que sigue.

4. Véase T. S. Kuhn, *The Essential Tension,* The University of Chicago Press, 1977, págs. xiii, 11, 21.

5. En su artículo «Merton Revisited, or Science and Society in the Seventeenth Century», *History of Science,* 2 (1963): 1-16.

Una historia de la ciencia metafísicamente motivada

En el cambio de siglo se dio una cierta efervescencia en contra del positivismo. Filosóficamente, el positivismo reducía el conocimiento a lo observable, de manera que el objeto de la ciencia era establecer hechos y nexos entre hechos. Las propias leyes científicas no eran sino una especie de colecciones resumidas de tales hechos, mientras que las teorías no eran más que instrumentos de sistematización y no entrañaban nuevas ontologías ni nuevos mundos antes ignotos. No había que interpretar realistamente las concepciones teóricas como ámbitos de realidad más profunda capaces de «explicar» las regularidades empíricas recogidas en las leyes de bajo nivel. Algunos científicos y filósofos positivistas notables, como E. Mach y P. Duhem, ofrecieron también contribuciones importantes a la historia de la ciencia. Pero de acuerdo con su perspectiva filosófica global, ésta se entendía como la exposición de una sucesión de descubrimientos, sobre todo empíricos, que progresaban quizá con lentitud, pero de manera inexorable hacia el cúmulo actual de conocimientos. Los más notables de los primeros promotores internacionales de la historia de la ciencia, G. Sarton con su revista *Isis* o A. Mieli con la suya, *Archeion*, participaban de esta misma actitud positivista y se dedicaban a la adjudicación histórico-judicial de certificaciones de prioridad individual y nacional en esa carrera hacia la perfección recogida, pongamos por caso, en la última edición de la *Enciclopedia británica*.

El realismo fue un punto de ataque contra el minimalismo de los hechos propio del positivismo. En el campo de la filosofía, los principales baluartes contra el positivismo fueron E. Husserl en Alemania de quien Koyré aprendió el realismo platónico, y H. Bergson en

Francia con quien también estudió como ya señalamos. En el campo de la historia, la reacción contra el positivismo se apoyó muchas veces en el realismo platónico. Se intentó mostrar, por ejemplo, que la Revolución Científica había sido provocada no por nuevos descubrimientos empíricos, sino por una mutación metafísica que predicaba que el mundo debe describirse en términos geométricos. Esta idea fue luego desarrollada por Koyré, pero procede de otros.[6] En especial, E. A. Burtt se opuso antes que Koyré al positivismo continuista de Duhem buscando la discontinuidad entre la ciencia medieval y la moderna no en el desarrollo de la experimentación, sino en la adopción del platonismo.

En los años treinta, cuando Koyré empezaba a derivar de la historia del pensamiento religioso a la del científico, había en París una serie de personas como E. Meyerson, H. Metzger, sobrina de L. Lévy-Bruhl, o G. Bachelard que se interesaban asimismo por la historia de la ciencia como medio de dilucidar cuestiones filosóficas. Se tendía a pensar que la historia del pensamiento científico mostraba la presencia de elementos necesarios epistemológicamente relevantes. H. Bergson, por ejemplo, estimaba que la historia de la ciencia poseía un meollo metafísico dado que las ciencias eran un producto del entendimiento y reflejaban las limitaciones de su modo de operar. Estas ideas formaban parte de la tradición francesa en filosofía de la ciencia. Existía en ese país una general preocupación por problemas kantianos relativos a la conexión entre libertad y necesidad, a la naturaleza de la síntesis *a priori*, a la

6. E. Cassirer, *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, 3 vols., Berlín, 1906, 1907, 1920; E. A. Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, 1924; A. N. Whitehead, *Science and the Modern World*, 1925.

construcción del objeto por parte del sujeto y similares. Especial relevancia tenía la dialéctica entre pensamiento y realidad, con atención a la presencia de la estructura mental del sujeto en la construcción de un ámbito de lo real accesible a la racionalidad. La mente, por ejemplo, puede imponer unidad a la pluralidad de lo real o identidad a la diversidad, y todo ello no de una manera contingente o aleatoria, sino *a priori*. En general se tendía a buscar en la historia la presencia de esos elementos esenciales del pensar tras la diversidad de las variaciones de métodos y contenidos. Así, por ejemplo, el viejo E. Boutroux, en *De l'idée de loi naturelle* (1895), consideraba a las leyes científicas como compromisos mínimamente engañosos que permitían tratar estáticamente con una realidad cambiante en sí misma. La misma idea puede encontrarse en la concepción dinámica de la razón de G. Bachelard, o en la razón constituyente frente a la razón constituida de A. Lalande o, lo que es más importante por su relación personal con Koyré, en la idea de identidad de E. Meyerson. En *Identité et realité* (1908), Meyerson consideraba que la mente impone orden a una realidad esencialmente irracional por nuestra necesidad biológica de predecir. La ley de la mente es la causalidad que parece un principio analítico aunque es sintético y psicológicamente *a priori*. Así imponemos identidad a la causa y al efecto desechando como residuo irracional lo que se resiste a este esquema. También él estimaba que la historia de la ciencia encierra las estrategias esenciales de esta dialéctica entre entendimiento y realidad, idea desarrollada en *De l'explication dans les sciences* (1920). Asimismo L. Brunschvicg, en *La modalité du jugement* (1987), había recurrido a las ciencias y el arte para fines similares (la síntesis del sujeto y el objeto). En general el patrón esencial de desenvolvimiento his-

tórico así descubierto es algo objetivo y necesario, de modo que el desarrollo científico parece presidido en última instancia por una necesidad metafísica de creciente adecuación a la realidad aunque sea por construcción del sujeto. El mismo Brunschvicg, en *L'Idealisme contemporain* (1905) señala que en la historia de la ciencia se da un movimiento objetivo del pensamiento que produce «una creciente aproximación a la realidad» debido al diálogo interno de la mente en su esfuerzo por vencer las dificultades que surgen entre los conceptos y entre éstos y la experiencia bruta.

No es preciso detenerse en estos aspectos del pensamiento francés si no es para señalar que constituyen un horizonte en el que habita Koyré, lo cual explica que repita tan a menudo la fórmula de que la ciencia es el «camino de la mente hacia la verdad» a través de obstáculos conceptuales objetivos, razón por la cual el estudio de los errores es más importante que el de los aciertos para ponernos en la pista del sistema de ideas de los agentes históricos. Aunque Koyré no desarrolló una filosofía de la ciencia como su amigo Meyerson, con el que se reunía a discutir todas las semanas, no cabe duda de que aceptó una filosofía de la ciencia de *este tipo francés*. Por ejemplo, para él la historia de la ciencia posee un «interés filosófico» porque la evolución y revolución de las ideas científicas «nos muestra al espíritu humano habiéndoselas con la realidad». Esta «intelección de lo real», no obstante, se realiza de manera discontinua a través de «mutaciones del intelecto humano»; pero, aunque no progrese en línea recta, la ciencia constituye el *itinerarium mentis in veritatem*.[7]

Como hemos dicho, Koyré nunca explicó cómo se las

7. *Études galiléennes*, pág. 11; *La révolution astronomique*, pág. 11.

arreglaba la mente para caminar hacia la verdad a través de rupturas, discontinuidades y cambios de metafísica. Dada su actitud antipositivista que le impedía aceptar que la ciencia es una acumulación simple de información empírica, siendo las mutaciones teóricas meras reorganizaciones de los archivos; dado además que sostenía que eran las mutaciones filosóficas las que hacían posible los experimentos y mediciones supuestamente acumulables de los positivistas y no al revés, la única manera plausible de sostener un camino de la mente a la verdad es aceptando con los Brunschvicg, Meyerson, etc., que la historia es la arena en que se desenvuelve una dialéctica necesaria de las ideas del sujeto en su construcción racional del objeto. No es de extrañar que la exportación de los trabajos históricos de Koyré a la orilla occidental del Atlántico los dejase fuera de este contexto francés, ya que las historias que contaba el pelirrojo poseían un interés inmanente a ellas mismas y relativamente independientes de su filosofía oculta. Eso es lo que lanzó a Koyré a la fama americana.

Una historia inmanente

Los logros de Koyré como historiador de la ciencia no surgieron de la nada. El auge de la conciencia antipositivista en Francia, de la que ya hemos hablado, se vio acompañada por un aumento de la conciencia histórica.[8] Ya al comienzo mismo del siglo, Paul Tannery

8. El medio cultural francés en que se movía Koyré ha sido explorado con gran penetración por Pietro Redondi en «De l'histoire des sciences à l'histoire de la pensée scientifique: le combat d'Alexandre Koyré», que constituye el prefacio a su edición de A. Koyré, *De la mystique à la science, cours, conférences et documents: 1922-1962*, París, École des Hautes Études en Sciences Sociales, 1986.

había formulado el concepto de «estado de espíritu contemporáneo» que viene a ser el sistema de creencias, actitudes y procedimientos mentales compartido por una cierta comunidad histórica. Desde entonces se han formulado innumerables ideas emparentadas como la de «mentalidad» de L. Lévy-Bruhl, la «estructura de pensamiento» de Koyré o la «matriz disciplinar» de T. S. Kuhn. Dejando de lado las diferencias específicas de esas diversas formulaciones, todas ellas cumplen una función común, que es la de reintroducir entidades teóricas en la explicación histórica. Del mismo modo que en el terreno filosófico el realismo antipositivista aceptaba las florecientes ontologías exóticas entrañadas por las teorías a fin de dar sentido al establecimiento de nexos entre hechos, en el campo de la historia, los marcos conceptuales de los grupos sociales, las «culturas» exóticas de las comunidades históricas, daban sentido y explicaban las meras ristras de «logros» registradas por los historiadores positivistas. Y además explicaban también los «errores» al mostrar que tanto éstos como los «logros» eran lo que podía dar de sí una de tales culturas con sus expectativas, creencias, procedimientos y medios.

P. Tannery, P. Boutroux, F. Enriques, A. Rey, H. Metzger y L. Febvre trataron de dar sentido a la narrativa histórica insertando los hechos positivos en estructuras históricas más amplias, expresadas a veces con metáforas fluviales como las «grandes corrientes» de P. Boutroux o los «vastos ríos espirituales» de Koyré,[9] en

---

Sobre el contexto de la transformación del método histórico, véase P. Redondi, «Science moderne et histoire des mentalités. La rencontre de Lucien Febvre, Robert Lenoble et Alexandre Koyré», *Revue de synthèse*, 111-112 (julio-diciembre, 1983): 309-332.

9. *La philosphie de Jacob Boehme*, París, Vrin, 1929, pág. 508.

los que nadan las individualidades históricas arrastradas por el movimiento global. A. Rey hablaba en general de la necesidad de elevarse «de la historia de fechas, batallas, hombres y hechos» a una historia «de la civilización capaz de dar cuenta de la primera». Concretamente, la historia de las ciencias «es sobre todo la historia de su espíritu filosófico, de la representación que los hombres se han hecho del universo».[10] Asimismo H. Metzger sugería la importación a la historia de la ciencia de la idea de mentalidad que había desarrollado su tío L. Lévy-Bruhl, a fin de «penetrar en el espíritu de los sabios cuya obra debe analizar», y esperaba que esta colaboración entre la historia de la ciencia y la etnología suministrase «la estructura del espíritu humano».[11] También L. Febvre predicaba por aquella época aplicar la imaginación a la erudición para «recomponer... el material mental de los hombres de dicha época; reconstruir... el universo, todo el universo físico, intelectual y moral de cada generación».[12] El interés por esta historia teórica que trascienda los datos y suministre la trama mental de los agentes históricos no obedece a un capricho mentalista o metafísico, sino que pretende lograr mediante estos conceptos un alcance explicativo. En efecto, los hechos de la historia de

10. A. Rey, «Histoire de la science ou histoire des sciences», *Archeion*, 12 (1930): 1-4, pág. 3, y también «Avant propos», *Thalès*, 1 (1934): XV-XIX, pág. XVI, citados por P. Redondi en *De la mystique à la science*, pág. XVI.

11. H. Metzger, «La philosophie de Lucien Lévy-Bruhl et l'histoire des sciences», *Archeion*, 12 (1930): 15-25, pág. 23. Tomado de P. Redondi, lugar citado en la nota anterior.

12. L. Febvre, «Un chapitre de l'histoire de l'esprit humain: les sciences naturelles de Linné à Lamarck et à Cuvier», *Revue de synthèse historique*, 43 (1927): 37-60, pág. 56. Tomado de P. Redondi, obra citada en la nota 10.

la ciencia no surgen inconexamente en la escena, sino que están producidos por el sistema de ideas, representaciones y procedimientos de los agentes. El positivismo, al prescindir de este trámite teórico, era propenso a identificar cualquier coincidencia terminológica o cualquier otra similitud accidental entre afirmaciones separadas por siglos como una relación de precedencia.

El caso más llamativo es el de Duhem y su tendencia a ver precursores de la ciencia moderna en el medievo. Disponer de un concepto de mentalidad, marco estructural de creencias o cualquier cosa por el estilo permite en cambio ver lo absurdo de trascender dichos esquemas para subrayar una semejanza formal entre ideas separadas por mentalidades discontinuas. Por ejemplo, la noción medieval de ímpetus no puede considerarse precursora de la moderna de inercia tan pronto como se reconstruye la estructura de pensamiento en que aquélla se inserta y en la que todo cambio tiene una causa dinámica, axioma sobre cuya negación se asienta la física moderna.

La filosofía contraria al positivismo que buscaba a prioris en los avatares históricos del pensamiento científico, indujo a una concepción asimismo antipositivista de la historia del pensamiento que exigía conceptos teóricos globales capaces de incluir y dar sentido a los hechos. El método historiográfico de Koyré se forjó en este ambiente francés de los años veinte y treinta en el que cofluían el antipositivismo y el historicismo para prestar atención a sistemas de pensamiento distintos y discontinuos con el nuestro, con el de la ciencia actual. Esta evidencia de la discontinuidad se forjó a través del estudio de la religión en el Renacimiento, que llevaría no sólo a Koyré, como señalamos, sino también a L. Febvre y a R. Lenoble a toparse con la historia de la cien-

cia.[13] Frente a la infección por el virus del continuismo de Duhem que parecía pensar que toda la humanidad presentaba en cualquier época un único tipo de mentalidad (probablemente vacía), la inserción de la ciencia moderna en el mundo de la milagrería renacentista, de la credulidad más desbocada y de las especulaciones más locas mostraba que la ciencia no había nacido negando el estadio religioso ni el metafísico, sino integrando muchos de esos factores intelectuales en la forja de una nueva manera de ver el mundo y de nuestros procedimientos de relacionarnos con él.

La reconstrucción y el estudio de esas estructuras intelectuales en sí mismas fue sin duda el aspecto en que más destacó A. Koyré y merced al cual ejerció un mayor influjó sobre la historia de la ciencia, en detrimento del transfondo metafísico en que se había engendrado dicho enfoque historiográfico. Muchas personas en la cultura anglosajona se han visto influidas por Koyré sólo por su habilidad en la reconstrucción de los sistemas de pensamiento y creencias del pasado, sin necesidad para ello de creer en una tortuosa e inexorable marcha del pensamiento hacia la verdad, según un ideal apriórico de deducir completamente la realidad de las matemáticas y de reducir así la física a la geometría.[14]

Los orígenes de A. Koyré como historiador de ideas religiosas y metafísicas le ayudaron a proyectar sobre la historia de la ciencia la imagen de discontinuidad y ausencia de criterios inequívocos de progreso. Le ayudaron así a concentrarse en el mundo intelectual de los autores del pasado como todos en sí mismos, merece-

13. Véase P. Redondi, «Science moderne et histoire des mentalités. La rencontre de Lucien Febvre, Robert Lenoble et Alexandre Koyré», *Revue de synthèse*, 111-112 (1983): 309-332, pág. 312.

14. Véase la obra un tanto farragosa de G. Jorland, *La science dans la philosophie*, París, Gallimard, 1981, págs. 68 y sig.

dores de análisis y descripción al margen de que fuesen tal vez peldaños del optimista ascenso positivista hacia la perfección actual. Le ayudaron a estudiar con igual mimo lo que desde *hoy* consideramos como «aciertos» o como «errores» y que *desde ayer* resultaban indistinguibles.

Un primer resultado de esta actitud general fue el holismo de las ideas. El pensamiento científico es una parte inseparable del sistema global de representaciones de una época. Así, la fundación de la ciencia moderna fue mucha más que una mera revolución *en* la ciencia. «Lo que los fundadores de la ciencia moderna... tuvieron que hacer —señalaba Koyré en 1943—[15] no era criticar y combatir ciertas *teorías erróneas* para corregirlas y sustituirlas por otras mejores. Tenían que hacer algo muy distinto. Tenían que *destruir un mundo* y sustituirlo por otro. Tenían que *remodelar y reformar* sus conceptos, tenían que desarrollar una nueva manera de *ver el Ser,* un *nuevo concepto del conocimiento,* un *nuevo concepto de ciencia.*»

La segunda característica de su historiografía es la ya mencionada discontinuidad de los sistemas de pensamiento. En la historiografía positivista, la acumulación de nuevos hechos pone todo el peso del desarrollo en la experimentación y la observación. El estudio de la Revolución Científica, por el contrario, convenció a Koyré de que ningún descubrimiento empírico podía llevar del aristotelismo medieval al platonismo renacentista. Los experimentos, las mediciones y las observaciones cuantitativamente precisas que permitieron la matematización de la naturaleza propia de dicha revo-

15. A. Koyré, «Galileo and Plato», *Journal of the History of Ideas,* 4 (1943): 400-428; ahora en *Estudios de historia del pensamiento científico,* Madrid, Siglo XXI, pág. 155.

lución, fueron más bien una *consecuencia* del cambio de mentalidad filosófica y no la *causa* de dicho cambio. Por ejemplo, señaló que «la revolución astronómica ha sido, no sólo en cuanto a su origen [...], sino también por lo que respecta a su evolución, independiente casi por completo del desarrollo de la astronomía de observación», de los observatorios y del telescopio.[16] Si las grandes mutaciones en la ciencia no dependen de descubrimientos empíricos, puede colegirse que mucho menos habrían de depender de ellos las mutaciones filosóficas. Koyré nunca desarrolló una doctrina explícita de la causa de esas mutaciones filosóficas.

Este holismo discontinuista de las ideas llevó a Koyré a concentrarse sobre los textos de una manera que muchos consideran el rasgo más característico de su método historiográfico.[17] Koyré leía directamente a los autores en sus idiomas originales y los citaba extensamente a la vez que los analizaba y comentaba, de manera que la lectura de sus libros es una inmersión en

16. A. Koyré, *La révolution astronomique*, París, Hermann, 1961, pág. 9. Las declaraciones de Koyré en el sentido de que la Revolución Científica se debe a una mutación de las ideas filosóficas y no a descubrimientos empíricos es un *leit motiv* de sus obras de 1939 a 1961 y que puede verse repetida machaconamente en los prólogos de sus libros. Véase *Études galiléennes* o *From the Closed World.*

17. A. Carugo, por ejemplo, considera que «el método de estudiar la historia de la ciencia a través del análisis textual detallado de lo que los autores del pasado han escrito efectivamente, a fin de dar una representación dinámica de sus ideas en movimiento y cambio, dicho método constituye la herencia más duradera de las enseñanzas de Koyré». Véase «Les jesuites et la philosophie naturelle de Galilée: Benedictus Pereirus et le *De motu gravium* de Galilée», *History and Technology,* 4 (1987): 321-333, pág. 322. Este volumen sobre Koyré ha sido editado por P. Redondi, que es el estudioso que más ha contribuido a aumentar nuestra comprensión del mundo de Koyré.

el mundo de esas personas que capacita al lector para ver las cosas a través de las categorías del pasado. El procedimiento de captar la estructura del alma a los autores posee raigambre diltheyana y recuerda el método de la «re-actuación subjetiva» de R. G. Collingwood, ya que entraña una difícil gimnasia mental por parte del historiador[18] para ponerse en la situación de un personaje histórico con su mismo equipamiento mental. «Cuando se afronta el estudio de un pensamiento que no es el nuestro, lo más difícil y lo más necesario [...], más que aprender lo que no se sabe y sabía el pensador en cuestión, es olvidar lo que sabemos o creemos saber. En ocasiones incluso resulta necesario, no ya olvidar verdades que se han convertido en parte integrante de nuestro pensamiento, sino adoptar ciertos modos, ciertas categorías de pensamiento, o al menos ciertos principios metafísicos que para los hombres de una época pasada eran bases de razonamiento e investigación tan válidos y seguros como son para nosotros los principios de la matemática».[19] Si se ha dicho que Koyré fue el padre de la actual historia de la ciencia es por este procedimiento minucioso y exacto de recuperación de los sistemas pasados de pensamiento, por la fidelidad textual a los autores,[20] por la cuidadosa evitación

18. Véanse, por ejemplo, las recomendaciones para comprender el significado de la obra de Copérnico en *La révolution astronomique*, París, Hermann, 1961, págs. 15 y 16.

19. «Paracelse», *Revue d'Histoire et de Philosophie religieuses*, 23 (1932): 6-76, 145-163. Ahora también en A. Koyré, *Mystiques, spirituels, alchimistes du XVIe siècle allemand*, París, A. Collin, Cahiers des Annales, 10, 1955, reeditado en 1971, pág. 46.

20. Hasta el punto de ofrecer sus palabras sin traducir para no deslizar subrepticiamente interpretaciones. El problema resultaba especialmente agudo en el caso de B. Cavalieri, lo que lo lleva a afirmar en general, «el problema del lenguaje a adoptar para la exposición de las obras del pasado es extremadamente grave y no

de proyectar anacrónicamente sobre ellos nuestras ideas y creencias o nuestros intereses, por no cercenar ni seleccionar su pensamiento para hacer hincapié en lo que andando el tiempo sería importante; en una palabra, por ponernos ante los ojos el mundo de los personajes del pasado tal como ellos lo veían, entendían, abordaban y valoraban.

Así pues, esta enseñanza de Koyré prevaleció sobre sus concepciones metafísicas acerca del camino de la mente hacia la verdad o acerca de la independencia del mundo de las ideas frente a los hechos naturales y sociales. Indicábamos más arriba que Koyré no había abordado de manera explícita de dónde salen los sistemas metafísicos y filosóficos de que dependen las mutaciones científicas, pero mostraba cómo incidían en la ciencia e insistía en tratar los sistemas de creencias científicas del pasado en sí mismos, sin referencia a lo que nosotros «creemos saber». Esta actitud hizo que abrazaran sus enseñanzas personas de muy diversas tendencias filosóficas pero con el denominador común de la penetración y exactitud historiográfica. Ya hemos señalado que T. S. Kuhn lo llama «maestro» a la vez que es el principal responsable de la introducción de explicaciones sociológicas en la historia de la ciencia, mientras que A. R. Hall se declara no menos adepto al enfoque de Koyré mientras subraya el carácter internista de la genuina historia de la ciencia. En lo que resta trataremos de dilucidar qué había en Koyré que daba cobijo a hijos tan diversos.

---

tiene una solución perfecta. En efecto, si conservamos el lenguaje (la terminología) del autor estudiado corremos el riesgo de hacerlo incomprensible, y si lo sustituimos por el nuestro, de traicionarlo», «Bonaventura Cavalieri y la geometría de los continuos» (1954), ahora en *Estudios de historia del pensamiento científico*, Madrid, Siglo XXI, 1977: 320-349, pág. 321, nota 8.

La confusión entre internismo e idealismo

Koyré suele considerarse no sólo el padre de la historia de la ciencia, sino el padre de la historia interna de la ciencia. La distinción entre factores internos y externos ha sido muy debatida y está un tanto desprestigiada. El problema es que depende de una filosofía de la ciencia que determine cuáles son los factores que pueden funcionar genuinamente como razones científicas, de manera que será interna una historia que explique el desarrollo de la ciencia con esos elementos racionales, mientras que será externa la que recabe la utilización de otros factores causales. Por ejemplo, para un buen positivista, los factores a tener en cuenta son los hechos, los experimentos y su manipulación matemática, y todo lo demás son gaitas. Así es como explicaba O. Neugebauer la historia interna de la astronomía antigua, dejando fuera de consideración la mitología acerca del carácter divino de los dioses y otras zarandajas del pasado.[21] Se puede formular la distinción de forma neutral respecto a diferentes posiciones filosóficas,[22] pero para lo que nos interesa no es preciso entrar en detalles. Baste decir que, en general, se consideran factores internos aquellos que pueden constituir buenas razones para las decisiones tomadas por los profesionales de un campo científico determinado en aras del desarrollo del conocimiento, mientras que son externos

21. Véase, por ejemplo, O. Neugebauer, «The History of Ancient Astronomy: Problems and Methods», *Journal of Near Eastern Studies*, 4 (1945): 1-38.

22. Para un intento de construir un concepto del par «interno-externo» relativo a los intereses de grupos científicos, de manera que la distinción sea utilizable previamente a la discusión de cuestiones filosóficas, véase C. Solís, *Razones e Intereses*, Barcelona, Paidós, 1994.

todos aquellos factores que afectan a la marcha de la ciencia por otros caminos. Así el interés por fortalecer la autoridad del Papa y los ejércitos imperiales fue un factor externo en el rechazo del movimiento de la Tierra, mientras que el igual alcance de los cañones hacia Oriente y Occidente lo fue interno para el rechazo de esa misma tesis. Poca gente niega que no haya influencias ideológicas o económicas en la ciencia; pero un buen internista clásico las obviará como inevitables y tediosas miserias de la naturaleza humana. En la época en que escribía Koyré, la distinción, más que teorizada de manera explícita, estaba plasmada en ejemplos. Los estudios externistas de los años treinta eran los de B. Hessen y R. K. Merton.[23] Las intervenciones de la delegación soviética en el Congreso de 1931 ejercieron mucha influencia sobre algunos jóvenes británicos que empezaron a producir después de la guerra. Entre los así influidos estaban E. Zilsel, B. Farrington, S. Lyell, J. Mason, J. D. Bernal y F. Needham. Sin embargo no asumieron los intentos de explicar el *contenido* mismo de la ciencia como un resultado de motivaciones externas. Según Hesse, los contenidos principales de los *Principia* estaban directamente relacionados con las necesidades prácticas de la sociedad capitalista y no desarrollaron todas sus posibilidades porque Newton

23. B. Hessen, «The Social and Economical Roots of Newton's *Principia*», en N. I. Bujarin (Ed.), *Science at the Cross Roads*, Londres, Kniga, 1931; reed. Londres, P. G. Werskey, 1971, 147-212. El volumen contiene las contribuciones soviéticas al Segundo Congreso Internacional de Historia de la Ciencia y la Tecnología, celebrado en Londres en 1931. R. K. Merton, «Science, Technology and Society in Seveteenth Century England», *Osiris*, 4 (1938): 360-632; reimpreso en Nueva York, Howar Fertig, 1970, y en rústica en Harper & Row, 1970, N. J.: Humanities Press, 1978. (Hay traducción española en Madrid, Alianza, 1984.)

no se desembarazó de sus intereses de clase. Esto se consideraba «marxismo vulgar», por lo que tanto estos británicos como Merton consideraban que la sociología podía explicar externamente cosas tales como la magnitud o la orientación de la ciencia, pero nunca su contenido, excepto en los casos en que se producía un fallo de racionalidad. De esta manera, quienes estaban interesados por la ciencia como conocimiento humano se sentían poco atraídos por estos modelos. Sin embargo los *Études galiléenes* de Koyré mostraban de qué manera se podía comprender la estructura y origen del pensamiento científico, así como sus relaciones con los problemas intelectuales de la época. No sólo eso, sino que además, como señala I. B. Cohen, los jóvenes historiadores encontraban en Koyré un modelo imitable y explotable en innumerables episodios históricos sin explorar, mientras que el modelo crudo de Hessen nunca fue seguido por nadie en Occidente y el de Merton era tan particular que no se sabía cómo extenderlo a otros países y épocas.[24] De este modo, y por oposición a los modelos de estudios sociologistas de la historia de la ciencia, los trabajos de Koyré empezaron a verse como el modelo de los estudios internistas. Mientras que los sociólogos ponían de manifiesto los factores externos no racionales, los estudios intelectualistas de Koyré, con su hincapié en la filosofía y en las ideas, se tomaron como estudios internos.

Sin embargo da la impresión de que interpretar esta oposición como internismo frente a externismo no es exacto, sino que debería verse más bien como idealismo frente a materialismo. En los años de la guerra fría,

24. I. B. Cohen, «The Impact of the Merton Thesis», en I. B. Cohen (comp.), *Puritanism and the Rise of Modern Science*, New Brunswick, Rutgers University Press, 1990: 1-111, págs. 56, 61-62.

cuando Koyré empezó a enseñar en los Estados Unidos de América, las veleidades marxistas no eran bien recibidas y esa actitud coincidía con la corriente idealista en la que se venía moviendo Koyré desde hacia años. Los Cassirer, Burtt o Whitehead, que habían precedido a Koyré en su desvelamiento del transfondo metafísico de la ciencia, estaban imbuidos de un cierto idealismo y, especialmente los dos últimos, deseaban criticar la complacencia de la ciencia de su tiempo con el materialismo. Koyré, usualmente pulcro, solía mostrarse impaciente y un tanto despectivo con los marxistas y quienes atendían a la influencia de factores materiales en el desarrollo de la ciencia. Incluso la tomaba con aquellos personajes históricos que hicieron hincapié en los aspectos prácticos de la ciencia, como Bacon, o que introdujeron una perspectiva mecanicista, como Gassendi. También es hoy notoria su deformación de la ciencia de Galileo como apriorista y no experimental o como más influida por Platón que por Aristóteles.

La mezcla de estas oposiciones y tendencias produjo una confusión entre dos distinciones, la materialista-idealista por un lado, y la externista-internista por otro. Dado que los enfoques externistas eran de carácter materialista, se identificaron también los otros dos términos de ambas distinciones y se interpretó el idealismo como internismo. Así, en 1957 Zilsel y Koyré ofrecieron sus encontradas perspectivas materialista e idealista como enfoque externo e interno.[25]

Si esta interpretación fuese correcta, cabría esperar algún desajuste en Koyré derivado de tomar una distinción por otra. Y así es. En el Coloquio de Oxford de 1961, H. Guerlac, que no era nada externista en sus tra-

25. P. P. Wiener y A. Noland, *Roots of Scientific Thought*, Nueva York, 1960.

bajos, se quejaba de la oleada de idealismo que descalificaba las más modestas contextualizaciones sociológicas de la ciencia con un «interesante, pero un poco marxista». Guerlac recababa el derecho a recurrir a interpretaciones marxistas si estaban bien fundamentadas en los datos disponibles. La respuesta de Koyré[26] consistió básicamente en afirmar que las ideas son *independientes* del contexto social. Se pueden encontrar muchos textos de Koyré en los que insiste en este punto mediante ejemplos; pero siempre que lo hace se trata de casos en los que el contexto está constituido por factores económicos o técnicos típicos de la infraestructura.[27] Por ejemplo, niega la importancia del problema de la determinación de la longitud en el mar para el desarrollo de los cronómetros y no menos conocidas son sus críticas a las explicaciones económicas y tecnológicas de la Revolución Científica o del «estancamiento» de la ciencia griega, como se verá en los textos de esta antología.

Sin embargo hay otros casos en los que no renuncia a ofrecer explicaciones de tipo externo, sociológico, cuando la contextualización está hecha en términos de *ideas* filosóficas, teológicas o metafísicas. Así por ejemplo,[28] no le tiembla el pulso a la hora de explicar las diferentes versiones cristianas y árabes de la teoría

26. A. Koyré, «Perspectiva de la historia de la ciencia», en *Estudios de historia del pensamiento científico*, Madrid, Siglo XXI, 1977, 377-386.

27. Se encuentra una crítica de las explicaciones «psicosociológicas» de la ciencia y de sus principales autores en la nota 7 del segundo ensayo recogido en los *Newtonian Studies*, Harvard University Press, 1965.

28. Véase «Aristotelismo y platonismo en la filosofía de la Edad Media», *Estudios de historia del pensamiento científico*, ya citado, págs. 16 y sigs.

política platónica por recurso a la *Biblia* y al *Corán*. Sin embargo éste es un caso extremo de externismo, por cuanto que las influencias sociales (aquí político-religiosas) inciden sobre el *contenido* mismo de la ciencia. También hemos mencionado ya su explicación de la Revolución Científica como el resultado de la adopción de una filosofía platónica frente a la aristotélica vigente. Así pues, a lo que se opone Koyré no es al externismo, sino al externismo materialista.

Cuando nos preguntamos ulteriormente de dónde proceden esas mutaciones filosóficas que dominan la ciencia, es fácil olvidar el contexto del pensamiento de Koyré y apuntar que derivan de instancias sociales, tal como sugiere Y. Elkana.[29] Sin embargo, desde sus años de Gotinga descreyó siempre del psicologismo y sus formas, como el relativismo y el sociologismo al que se vería abocado de aceptar la interpretación de Elkana. Además ya mencionamos su reiterada definición de la ciencia como camino a la verdad, algo imposible de asegurar si se hace depender la ciencia en última instancia de la ideología y sociología de diferentes pueblos.

Los textos de Koyré no nos permiten ir más lejos en el camino de dilucidar los supuestos de su historiografía, pero un par de reflexiones de madurez nos indican por dónde no buscar y hacia dónde mirar. La primera es una carta escrita a Herbert Spiegelberg el 14 de diciembre de 1953 como respuesta a otra suya en la que

29. «Alexandre Koyré: Between the History of Ideas and Sociology of Disembodied Knowledge», *History and Technology*, 4 (1987): 115-148. Elkana sostiene que (a) Koyré hace depender la ciencia de la epistemología, que (b) las ideas sobre el conocimiento están determinadas socialmente, y que por tanto (c) Koyré es un sociologista. Pero no aporta el menor elemento de juicio para probar que Koyré sostuviese nunca (b).

le preguntaba si aún era fenomenólogo.[30] Koyré señala que no sabe hasta qué punto lo es, pero a estas alturas de su vida dice haber heredado de Husserl «el realismo platónico que él rechazó, el anti-psicologismo y el anti-relativismo». Así pues parecería que los marcos de pensamiento que estudia Koyré en la historia no son estadios psicológicos o sociológicos que tenderían al relativismo. Ya mencionamos más arriba su afinidad con Meyerson y su dialéctica de la «construcción de la cosa por la razón identificadora que impone el marco de lo mismo a la trama cambiante e inestable de lo otro».[31] Asimismo M. Biagioli[32] apunta la proximidad de Koyré a la dialéctica meyersoniana y liga la concepción del «error» de Koyré a la idea de «irracionalidad» de Meyerson. Como se recordará, en el esquema dialéctico de éste, lo irracional es el residuo de la realidad que se resiste a someterse al esquema de identidad impuesto por el principio de la causalidad. El traslado de ese residuo irracional al mundo de los marcos conceptuales históricos constituiría el concepto de error de Koyré. La existencia de errores simultáneos muestra que no son un hecho casual, sino que constituyen, por un lado, el desenvolvimiento objetivo de las ideas «en lugares y por parte de espíritus muy diferentes»,[33] y por otro, la resistencia de lo real a acomodarse a los esquemas de simplicidad de las leyes científicas. Al historia-

30. La carta aparece reproducida casi en su totalidad, en G. Jorland, *La science dans la philosophie*, París, Gallimard, 1981, pág. 28.

31. A. Koyré, «Les essais d'E. Meyerson», *Journal de psychologie*, 39 (1946): 124-5; véase la introducción de P. Zambelli, a A. Koyré, *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, Turín, G. Einaudi, 1967, págs. 23 y sig.

32. M. Biagioli, «Meyerson and Koyré: Toward a dialectic of scientific change», *History and Technology*, 4 (1987): 169-182.

33. *Études galiléennes*, págs. 83-86.

dor hagiográfico (positivista) le basta conocer los logros de los científicos del pasado, pero al historiador-filósofo le interesan más si cabe los «errores» de los científicos porque revelan «el camino secreto de su pensamiento» y no se deben al azar o al descuido, sino que se enraizan en un sistema de nociones y axiomas. La aparente simplicidad que para nosotros presenta, por ejemplo, la ley de inercia, no es distinta de la aparente simplicidad de la ley «errónea» de Galileo y Descartes. Esas simplicidades dependen de «concepciones determinadas del espacio, de la acción, del movimiento que no son en absoluto simples». La simplicidad es una imposición de nuestros esquemas *a priori* y la irracionalidad (o el «error») surgen de las resistencias de la realidad, enlazándose en una dialéctica que constituye el tortuoso «itinerarium mentis in veritatem».

Del mismo modo que Meyerson recurría al principio de causalidad como principio *a priori* biológicamente, Koyré parecía concebir como hilo conductor de la historia de la ciencia el intento de reducción de la física a la geometría que se extiende del *Timeo* a Descartes y a Einstein. Ese «sueño grandioso e insensato *de reductione scientiae ad geometriam*» es el *leit motiv* de la historia que choca constantemente y se conjuga con los obstáculos, los errores y los irracionales. El pensamiento manifestado en la historia, señala Koyré un tanto arrebatado, no es sino el pensamiento de un solo hombre, del espíritu humano trascendental que vive siempre y aprende siempre en «su persecución incesante, siempre insatisfecha y siempre renovada de un objetivo que siempre se le escapa: la búsqueda de la verdad, *itinerarium mentis in veritatem*»,[34] pues el ideal

34. «Perspectiva de la historia de las ciencias», en *Estudios de historia del pensamiento científico*, pág. 385 y sig.

platónico de deducción total es vigente para un mundo de esencias y no para «las cosas temporales y cambiantes»[35] que como tales quedan fuera del ámbito de racionalización del entendimiento humano. Puestas las cosas en este contexto objetivista y contrario al relativismo y al psicologismo, es muy improbable la interpretación de Koyré como un sociólogo de las ideas.

Hemos tratado de mostrar a Koyré a la luz de sus maestros y contemporáneos metafísicos, neokantianos y hegelianos, pero quizá él mismo dudara de esa filosofía que nunca escribió o tal vez se viese llevado hacia un cierto escepticismo acerca de un desenvolvimiento objetivo y esencial del pensamiento humano por la lógica interna de los marcos conceptuales discontinuos que analizaba. O tal vez no. Con ocasión del centenario del nacimiento de Meyerson, celebrado en 1959, Koyré publicó una breve nota.[36] Indica allí que el estudio fenomenológico de la ciencia es poco prometedor porque no es fácil separar el fondo de la forma, mientras que en la historia se manifiesta la estructura esencial que resalta en medio de la variedad de contenidos. Eso es lo que habría hecho Meyerson, quien concebía la historia como la aventura «del espíritu humano persiguiendo obstinadamente [...] la racionalización de lo real», o lo que es lo mismo, descubriendo «una capa de realidad más profunda» tras la pluralidad y mutabilidad de los fenómenos. Pero esta irracionalidad (cualidad, multiplicidad, cambio) es esencial a la realidad, por lo que nunca puede ser evacuada totalmente. De ahí que la

35. Edición de Spinoza, *De intellectus emendatione*, París, Vrin, 1936, pág. 111, nota 91.

36. «Message d'Alexandre Koyré à l'occasion du centenaire de la naissance d'Emile Meyerson», *Bulletin de la Societé française de Philosophie*, 53 (1961): 115-116.

ciencia sea a la vez realista y nihilista, «persiguiendo siempre el sueño grandioso e insensato *de reductione scientiae ad geometriam*, esto es del Ser al Espacio, del Ens al Non-Ens».

Pero, finaliza Koyré, que aunque le debe mucho a Meyerson, no le ha sido plenamente fiel, «pues en mis trabajos me he entregado sobre todo a mostrar, no el fondo idéntico del pensamiento humano, sino las diferencias de sus estructuras en las diversas épocas de la historia». ¿Se trata de una infidelidad a un ideal aceptado o de dudas acerca del ideal mismo? Sin embargo, confiesa haberse mostrado fiel a otro de sus preceptos: «tratar a quienes nos han precedido y que se han equivocado con tanto respeto como a nuestros contemporáneos y buscar las razones —razonables— de sus errores con tanto cuidado como las de sus logros». *Satis est.* Tan bien lo hizo que se convirtió en el patrón de todos cuantos hacen historia de la ciencia con devoción y profesionalidad. Tanto de los que creen que los marcos conceptuales se transforman a través de contrastaciones empíricas, como de aquellos que hacen depender esas mutaciones de una negociación social que convierte las dificultades en refutaciones.

CARLOS SOLÍS SANTOS
Universidad Nacional
de Educación a Distancia

PRINCIPALES OBRAS DE KOYRÉ SOBRE LA HISTORIA DE LA CIENCIA

COPÉRNICO, N., *Des révolutions des orbes célestes.* (Introducción, traducción y notas del libro primero de A. Koyré), París, F. Alcan, 1934. Reedición en París, Blanchard, 1970. (Hay traducción española, *Las revoluciones de las esferas celestes,* Buenos Aires, Eudeba, 1965.)

KOYRÉ, A., «Paracelse», *Revue d'histoire et de philosophie religieuses* (1932): 6-76, 145-163.

—,«Copernic», *Revue philosophique* (1933): 101-118.

—,«À l'aurore de la science moderne. La jeunesse de Galilée», *Annales de l'Université de Paris,* X (1935): 540-551, XI (1936): 32-56.

—,*Études galiléennes,* París, Hermann, 1940. (Hay traducción española, *Estudios galileanos,* Madrid, Siglo XXI, 1980.)

—,«Nicolaus Copernicus», *Quarterly Bulletin of the Polish Institute of Arts and Sciences in America* (1943): 1-26.

—,*Épiménide le menteur,* París, Hermann, 1947.

—,«The Royal Society», *Isis,* 41 (1950) 114-116.

—,«A Note on Robert Hooke», *Isis,* 41 (1950): 195-196.

—,*Mystiques, spirituelles, alchimistes du XVI*[e] *siècle allemand: Schwenkfeld, S. Franck, Weigel, Paracelse,* París, Armand Colin, 1955.

—,«A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton: De motu gravium naturaliter cadentium in hypothesi terrae motae», *American Philosophical Society,* 45 (19557: 329-395.

—,«Pour una édition critique des oeuvres de Newton», *Revue d'histoire des sciences,* IX (1955): 19-37.

—,«L'Accademia del Cimento», en *Actes du VIII*[e] *Congrès international d'Histoire des Sciences,* París, Hermann, 1956: liv-lix.

—,*From the closed world to the infinite universe*, Baltimore, The Johns Hopkins Press, 1957. (Hay traducción española, *Del mundo cerrado al universo infinito*, Madrid, siglo XXI, 1979.)

—,«Les sciences exactes de 1950 à 1600», en R. Taton (comp.), *Histoire générale des sciences*, París, P. U. F., 1958, vol. 2, 11-105. (Hay traducción española, *Historia general de las ciencias*, Barcelona, Destino, 1972, vol. 2, 22-121.)

—, y COHEN, I. B., «Newton's electric and elastic spirit», *Isis*, 51 (1960): 337.

—,*La révolution astronomique: Copernic, Kepler, Borelli*, París, Hermann, 1961.

—,*Études d'histoire de la pensée philosophique*, París, Armand Colin, 1961.

—,y COHEN, I. B., «The Case of te Missing Tamquam», *Isis*, 52 (1961): 555-566.

—,«Message», *Bulletin de la Société française de Philosophie*, 56 (1961): 115-116.

—,y COHEN, I. B., «Newton and the Leibniz-Clarke Correspondance», *Archives internationales d'Histoire des Sciences*, 15 (1962): 63-126.

—,*Newtonian Studies* (Editado bajo la dirección de I. B. Cohen), Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1965.

—,*Études d'historie de la pensée scientifique* (Editado bajo la dirección de R. Taton), París: Presses Universitaires de France, 1966. (Hay traducción española, *Estudios de historia del pensamiento científico* en Madrid, Siglo XXI, 1977.)

—,y I. B. COHEN (comps.), *Isaac Newton's Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 2 vols., Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971-1972.

—,*De la mystique à la science, Cours, confèrences et documents, 1922-1962*, editados bajo la dir. de Pietro RE-

DONDI, París, École des Hautes Études en Sciences Sociales, 1986.

ALGUNOS ESCRITOS SOBRE ALEXANDRE KOYRÉ

BELAVAL, Y., «Les recherches philosophiques d'Alexandre Koyré», *Critique*, 207-208 (agosto-septiembre, 1964): 675-704.

Cohen, I. B., «Alexandre Koyré (1892-1964) Commemoration», *Isis*, 57 (1966): 157-166.

COHEN, I. B. y TATON, R., «Hommage à Alexandre Koyré», en *Mélanges Alexandre Koyré*, I: *L'Aventure de la science*, París, Hermann, 1964.

COSTABEL, P. & GILLISPIE, C. C., «In memoriam», *Archives internationales d'histoire des sciences*, 67 (1964): 149-156.

DELORME, S., VIGNAUX, P., TATON, R. y COSTABEL, P., «Hommage à Alexandre Koyré», en *Revue d'Histoire des sciences et de leurs applications*, 18 (1965): 129-159.

ELKANA, Y., «Alexandre Koyré: Between the History of Ideas ans Sociology of Knowledge», *History and Technology*, 4 (1987): 111-144.

FINOCCHIARO, M. A., «Logic and Scholarship in Koyré's Historiography», *Physis*, 19 (1977): 5-27.

HERIVEL, J., «A. Koyré», *Brit. Journ. Hist. Sci.*, 2 (1965): 157-159.

JORLAND, G., *La science dans la philosophie: Les recherches épistémologiques d'Alexandre Koyré*, París, Gallimard, 1981.

KUHN, T., «Alexandre Koyré and the History of Science: On an Intellectual Revolution», *Encounter*, 34 (enero de 1970): 67-69.

REDONDI, P., «Science moderne et histoire des mentalités. La rencontre de Lucien Febvre, Robert Lenoble

et Alexandre Koyré», *Revue de Synthèse,* 111-112 (1983): 309-332.

—,«De l'histoire des sciences à l'histoire de la pensée scientifique: le combat d'Alexandre Koyré», en Koyré, 1986: ix-xxvii.

REDONDI, P., *Science: The Renaissance of a History, History and Technology,* 4 (1987): 1-581. [Este número contiene los *Proceedings of the International Conference Alexandre Koyré,* París, Collège de France, 10-14 de junio de 1986.]

RUSSO, F., «Alexandre Koyré et l'histoire de la pensée scientifique», *Archives de philosophie,* 28 (julio-septiembre, 1965): 237-361.

TATON, R., «A. KOYRÉ, historien de la pensée scientifique», *Revue de Synthèse,* 88 (1967): 7-20.

VARIOS, *Mélanges Alexandre Koyré,* 2 vols., París, Hermann, 1964.

ZAMBELLI, P., «Introduzione a KOYRÉ A.», *Dal modo del pressappoco all'universo de la precisione,* Turín, Einaudi, 1967: 7-46.

PENSAR LA CIENCIA

I

LA INFLUENCIA DE LAS CONCEPCIONES FILOSÓFICAS EN LAS TEORÍAS CIENTÍFICAS[1]

En la comunicación que acabamos de escuchar, el señor Philip Frank[2] nos ha explicado que las razones a favor o en contra de la aceptación de algunas teorías científicas no se reducen siempre a la consideración del valor *técnico* de la teoría en cuestión, es decir a su capacidad para darnos una explicación coherente de los fenómenos que trata, sino que muy a menudo depende de otros numerosos factores.

Así por ejemplo, en el caso de la astronomía copernicana, no sólo había que elegir entre una teoría de los movimientos celestes más simple y otra más complicada, sino también entre una física que parecía más simple (la de Aristóteles) y otra que parecía más complicada, entre la confianza en la percepción sensible —como muy bien lo observó Bacon—[3] y su rechazo en aras de una especulación teórica, etc.

Estoy absolutamente de acuerdo con el señor Frank. Sólo lamento que no haya ido suficientemente lejos y que no haya hablado en su análisis de la influencia ejercida por la subestructura u «horizonte» filosófico de las teorías concurrentes. En efecto, estoy profundamente convencido de que el papel de esta «subestructura

1. Conferencia pronunciada en la reunión de la American Association for the Advancement of Science en Boston, 1954; véase *The Scientific Monthly, 1955.*

2. Ibíd.

3. Por eso Bacon rechaza el copernicanismo.

filosófica» ha sido de una gran importancia y de que la influencia de las concepciones filosóficas sobre el desarrollo de la ciencia ha sido tan grande como el de las concepciones científicas en el desarrollo de la filosofía. Se podrían aducir numerosos ejemplos de esta influencia. Uno de los mejores, que es el que quiero presentarles brevemente, nos lo proporciona el periodo post-copernicano de la ciencia, periodo que comúnmente se está de acuerdo en considerar como el de los *orígenes de la ciencia moderna*; me refiero a la ciencia que dominó el pensamiento europeo durante casi tres siglos, *grosso modo*, desde Galileo hasta Einstein y Planck o Niels Bohr.

Por tanto, apenas necesito decirles que considero la omisión cometida por Philip Frank como muy grave y muy lamentable. Pero, a decir verdad, es casi normal. Pues si se habla mucho de la influencia del pensamiento científico en la evolución de las concepciones filosóficas, y con razón porque es evidente y cierta —basta evocar los nombres de Descartes, de Leibniz, de Kant—, en compensación se habla mucho menos, o no se habla en absoluto, de la influencia de la filosofía en la evolución del pensamiento científico. A menos que, como hacen a veces los historiadores de obediencia positivista, únicamente se mencione esta influencia para enseñarnos que, en tiempos pasados, la filosofía efectivamente había influido e incluso dominado la ciencia y que la ciencia antigua y medieval deben su esterilidad precisamente a eso. Pero que, desde la revolución científica del siglo XVII, la ciencia se rebeló contra la tiranía de esta pretendida *Regina scientiarum*, y que su progreso coincidió justamente con su liberación progresiva y su establecimiento sobre la base firme de la experiencia. Liberación que no se hizo de una vez —desafortunadamente, en Descartes e incluso en Newton, se en-

cuentran aún huellas de especulación metafísica, y fue preciso esperar al siglo XIX o incluso al XX para que desaparecieran completamente—, pero que tuvo lugar a pesar de todo, gracias a Bacon, Auguste Compte, Ernst Mach y la escuela de Viena.

Algunos historiadores van incluso más lejos y nos dicen que, en el fondo, la ciencia como tal —al menos la ciencia moderna— jamás estuvo realmente ligada a la filosofía. Así el señor E. Strong, en su bien conocida obra, *Procedure and Metaphysics* (Berkeley 1936) nos explica que los prefacios y las introducciones filosóficas de los grandes creadores de la ciencia moderna a sus obras, en la mayoría de los casos no son más que gestos corteses o prescritos, expresión de un acuerdo conformista con el espíritu del tiempo y que incluso cuando revelan convicciones sinceras y profundas, éstas tampoco tienen más importancia, ni más relación con los *procedures*, es decir con el trabajo real de estos grandes personajes, que sus convicciones religiosas...

Casi nadie, a excepción del señor E. A. Burtt, autor del célebre *Metaphysical Foundations of Modern Physical Science* (Londres 1925), admite la influencia positiva y el papel importante de las concepciones filosóficas en la evolución de la ciencia. Pero incluso el señor Burtt no ve en ellas más que soportes, andamios que ayudan al científico a formar y a formular sus concepciones científicas y que, una vez acabada la construcción teórica, pueden ser eliminados, y efectivamente lo son, por las generaciones posteriores.

De ahí que, cualesquiera que sean las ideas paracientíficas o ultra-científicas que hayan guiado a un Kepler, un Descartes, un Newton o incluso un Maxwell hacia sus descubrimientos, a fin de cuentas tienen escasa o nula importancia. Lo que cuenta es el descubrimiento efectivo, la ley establecida, la ley de los movi-

mientos planetarios y no la Armonía del mundo, la conservación del movimiento y no la inmutabilidad divina... Como dijo Heinrich Hertz: «La teoría de Maxwell no es más que las ecuaciones de Maxwell».

Podría decirse que, según el señor Burtt, las subestructuras o los fundamentos metafísicos hallarían en la evolución del pensamiento científico un papel análogo al que desempeñan las imágenes según la epistemología de Henri Poincaré.

Eso ya sería bastante interesante. Por mi parte, creo que no hay que denigrar demasiado las imágenes. De hecho, lo que a mí me sorprende no es que éstas no coincidan definitivamente con la realidad teórica... es, por el contrario, el hecho de que coincidan tan bien con ella, y que la imaginación —o intuición— científica llegue a fabricarlas tan bellas, a penetrar tan profundamente (lo vemos cada día de nuevo) en regiones —el átomo, e incluso su núcleo— que, a primera vista, parece que tienen que estarle completamente cerradas. Por eso vemos volver a las imágenes a los mismos que —como Heisenberg— primero las habían dejado de lado radicalmente.

Admitamos, pues, con el señor Burtt, que las consideraciones filosóficas no son más que andamios... Ahora bien, dado que raramente se ve que las casas se construyan *sin* éstos, la comparación de Burtt podría llevarnos a una conclusión diametralmente opuesta a la suya, a saber la de la necesidad absoluta de estos andamios que sostienen la construcción y la hacen posible.

El pensamiento científico puede, sin duda, rechazarlos *post factum*. Pero quizá sólo para reemplazarlos por otros. O también para dejarlos caer en el olvido, en la inconsciencia de las cosas en las que ya no se piensa —como las reglas de la gramática que se olvidan a fuerza y a medida que se aprende una lengua, y que desa-

parecen de la conciencia en el momento mismo en que la dominan del todo.

Y, para volver al señor Strong, evidentemente es bastante claro que la obra de Faraday no se explica por su adhesión a la secta oscura de los sandemanianos más que la de Gibbs por su presbiterianismo, que la de Einstein por su judaísmo o la de Louis de Broglie por su catolicismo (aunque sería temerario negar *toda* influencia; ¡los caminos del espíritu son tan extraños e ilógicos!); y es muy posible que muy a menudo las afirmaciones filosófico-teológicas de los grandes científicos de los siglos XVII y XVIII no tengan más valor que las afirmaciones análogas de nuestros contemporáneos al afirmar que han encontrado la luz en el materialismo dialéctico o en las geniales obras del gran Stalin. Pero, ciertamente, éste no es siempre el caso. Por ejemplo sería fácil, o al menos posible, mostrar que la gran batalla que domina la primera mitad del siglo XVIII, la batalla entre Leibniz y Newton, resulta en última instancia una oposición teológico-metafísica, y que no es una oposición de dos vanidades o incluso de dos técnicas sino, aunque parezca imposible, de dos filosofías.[4]

La historia del pensamiento científico nos enseña pues (al menos trataré de defenderlo) que:

1. El pensamiento científico nunca ha estado enteramente separado del pensamiento filosófico.

2. Las grandes revoluciones científicas siempre han sido determinadas por conmociones o cambios de concepciones filosóficas.

3. El pensamiento científico —me refiero a las ciencias físicas— no se desarrolla *in vacuo*, sino que siem-

4. Véase hoy mi *From the Closed World to the Infinite Universe*, Baltimore, 1957. [Hay trad. esp. *Del mundo cerrado al universo infinito*. Trad. Carlos Solís Santos, Madrid, siglo XXI, Madrid, 1979.]

pre se encuentra en el interior de un cuadro de ideas, de principios fundamentales, de evidencias axiomáticas que habitualmente han sido consideradas como pertenecientes a la filosofía.

Lo que no quiere decir, quede claro, que yo pretenda negar la importancia del descubrimiento de hechos nuevos, ni la de la técnica, ni tampoco la autonomía e incluso autología del desarrollo del pensamiento científico. Pero ésta es otra historia de la que no tengo intención de hablar aquí hoy.

En cuanto a saber si la influencia de la filosofía sobre la evolución del pensamiento científico ha sido buena o mala, es una cuestión que, a decir verdad, *o bien* no tiene mucho sentido, puesto que precisamente acabo de afirmar que la presencia de un ambiente y de un marco filosófico es una condición indispensable de la existencia misma de la ciencia, *o bien* tiene un sentido muy profundo porque nos llevaría al problema del progreso —o la decadencia— del pensamiento filosófico mismo.

En efecto, si se respondiera que las buenas filosofías tienen una buena influencia y las malas una menos buena, se iría de Scila a Caridbis, pues sería preciso saber cuáles son las buenas... Y si se las juzgara según sus frutos, lo que es bastante natural, quizá se caería, como nos ha enseñado Descartes en un caso análogo, en una especie de círculo vicioso.

Además hay que desconfiar de las apreciaciones demasiado osadas —lo que era admirable ayer, puede que hoy ya no lo sea y viceversa, lo que ayer era ridículo, hoy puede no serlo en absoluto. La historia nos muestra ejemplos de estos *corsi e ricorsi* realmente asombrosos y, si en ningún caso nos enseña la *epojé,* sin duda nos enseña a ser prudentes.

Pero se me podría objetar —me excuso por detener-

me tanto tiempo en estas consideraciones preliminares: me parecen, en efecto, de una gran importancia— que incluso si yo tuviera razón, es decir que incluso si yo hubiera probado, y hasta aquí no he hecho más que afirmarlo, que la evolución del pensamiento científico ha sido influida, y no entorpecida, por la del pensamiento filosófico, eso no valdría más que para el pasado y no nos enseñaría nada respecto al presente o al porvenir.

En resumen, la única lección de la historia sería que no se puede sacar ninguna lección. Además, ¿qué es la historia, sobre todo la historia del pensamiento científico o técnico? Un cementerio de errores o incluso una colección de *monstra* justamente relegados al gabinete del trastero y buenos solamente para una obra de demolición. *A graveyard of forgotten theories* o incluso un capítulo de la *Geschichte der menschlichen Dummheit.* Esta actitud hacia el pasado que, por otra parte, es más la del técnico que la del gran pensador creador es, confesémoslo, bastante normal, aunque no sea en absoluto inevitable. Y aún menos justificable. Es bastante normal que a aquel que, desde el punto de vista del presente e incluso del porvenir hacia el cual tiende en su trabajo, echa un vistazo sobre el pasado, un pasado desde hace tiempo *sobrepasado,* las teorías antiguas le parezcan monstruos incomprensibles, ridículos y deformes. En efecto, puesto que remonta el curso del tiempo, las encuentra, en el momento de su muerte, envejecidas, ajadas, esclerosa. Ve, para decirlo de una vez, la *Belle Heaumière* tal como nos la ha dejado Rodin. Sólo el historiador la encuentra en su primera y gloriosa juventud, en todo el esplendor de su belleza; sólo el historiador que rehaciendo y repasando la evolución de la ciencia, capta las teorías del pasado en su nacimiento y vive con ellas el impulso creador del *pensamiento.*

Volvamos pues a la historia.

La revolución científica del siglo XVII, época del nacimiento de la ciencia moderna, tiene en sí misma una historia bastante complicada. Pero dado que la he tratado en una serie de trabajos, me permitiré aquí ser breve. Así pues, la caracterizaría mediante los rasgos siguientes:

a) Destrucción del cosmos, es decir sustitución del mundo finito y jerárquicamente ordenado de Aristóteles y de la Edad Media por un universo infinito, ligado por la identidad de sus elementos componentes y la uniformidad de sus leyes.

b) Geometrización del espacio, es decir, sustitución del espacio concreto (conjunto de «lugares») de Aristóteles, por el espacio abstracto de la geometría euclidiana en adelante considerada como real.

Se podría añadir —aunque, en el fondo, no es más que la consecuencia de lo que acabo de decir—: sustitución de la concepción del movimiento-proceso por la del movimiento-estado.

Las concepciones cosmológicas y físicas de Aristóteles, generalmente hablando, tienen muy mala prensa. Lo que, a mi parecer, se explica sobre todo:

a) Por el hecho de que la ciencia moderna nació en oposición a, y en lucha contra, la de Aristóteles y

b) Por la persistencia en nuestra conciencia de la tradición histórica, y de los juicios de valor, de los historiadores de los siglos XVIII y XIX. Para éstos, efectivamente, para los cuales las concepciones newtonianas no sólo eran verdaderas, sino además evidentes e incluso naturales, la idea misma de un cosmos finito parecía ridícula y absurda. ¡Cómo se burlaron de Aristóteles por haber asignado al mundo unas determinadas dimensiones, por haber pensado que los cuerpos podían moverse sin ser atraídos o impulsados por fuerzas exteriores, por su creencia de que el movimiento circu-

lar era un movimiento de una especie particularmente importante y haberlo llamado un movimiento natural!

Hoy sabemos —pero aún no lo hemos *aceptado* y *admitido*— que todo esto quizá no era tan ridículo, y que Aristóteles tenía mucha más razón de la que él mismo sabía. Después de todo, el movimiento circular parece efectivamente estar particularmente extendido en el mundo y ser particularmente importante; por lo que parece, todo gira y da vueltas, las galaxias y las nebulosas, los astros, los soles y los planetas, los átomos y los electrones... no parece que los propios fotones constituyan una excepción a la regla.

En cuanto al movimiento espontáneo del cuerpo, sabemos desde Einstein que una curvatura local del espacio puede producir movimientos de esta clase; sabemos también, o creemos saber, que nuestro Universo no es de ningún modo infinito, aunque no tenga límites, contrariamente a lo que creía Aristóteles, y que fuera de este Universo no hay rigurosamente nada, precisamente porque no hay «fuera» y todo el espacio está «dentro».

Es precisamente lo que nos decía Aristóteles que, no teniendo a su disposición los recursos de la geometría riemaniana, se limitaba a afirmar que fuera del mundo no había *nada*, ni *lleno*, ni *vacío*, y que todos los *lugares*, es decir *todo el espacio, estaban en el interior* o dentro.[5]

La concepción aristotélica no es una concepción matemática —ésta es su debilidad; ésta es también su fuerza—: es una concepción metafísica. El mundo de Aris-

5. Véase «Le vide et l'espace infini au XIVe siècle», *Archives d'histoire doctrinale et littérarie du Moyen Age*, 1949, en Koyré, *Études d'histoire de la pensée philosophique*, París, Gallimard, 1971, págs. 37-93; 1.ª ed. franc. en Armand Colin, 1961.

tóteles no es un mundo que posea una curvatura geométrica; está, si puedo decirlo así, metafísicamente curvado.

La cosmología de hoy, cuando tratan de explicarnos la estructura del mundo einsteniano o *post*-einsteniano con su espacio curvo y finito por más que no tenga límites, habitualmente nos dicen que ahí hay concepciones matemáticas bastante difíciles y que aquellos de entre nosotros que carecen de la formación matemática necesaria no serán capaces de comprenderlas como es preciso. Lo cual es acertado, sin duda. Sin embargo, es bastante divertido notar que los filósofos medievales, cuando tenían que explicar a los profanos —o a sus estudiantes— la cosmología de Aristóteles, decían algo análogo, es decir que tenía que ver con concepciones metafísicas muy difíciles, y que aquellos que no tuvieran una formación filosófica suficiente y que no pudiesen elevarse por encima de la imaginación geométrica, no podían comprenderlas y continuarían planteando cuestiones (estúpidas) como por ejemplo: ¿qué sucedería si se empujara un bastón a través de la superficie última de la bóveda celeste?

La dificultad real de la concepción aristotélica consiste en la necesidad de alojar una geometría euclidiana en un Universo no euclidiano, en un espacio metafísicamente curvado y físicamente diferenciado. Confesemos que esto no preocupaba demasiado a Aristóteles. Pues la geometría no era para él una ciencia fundamental de lo real que expresara su esencia y su estructura profunda; no era más que una ciencia abstracta que para la física, ciencia de lo que es, no era más que un auxiliar.

La percepción y no la especulación matemática, la experiencia y no el razonamiento geométrico *a priori*, es lo que formaba para él el fundamento de la ciencia verdadera de lo real.

La situación era, en compensación, mucho más difícil para Platón que había tratado de entrelazar la idea del cosmos con una tentativa de construir el mundo del espacio puro (χώρα) plena y enteramente geometrizado. La elección entre las dos concepciones —la del orden cósmico y el espacio geométrico— era inevitable, aunque sólo se produjera muy tarde, precisamente en el siglo XVIII, en el que, habiendo tomado la geometrización del espacio en serio, los creadores de la ciencia moderna tuvieron que rechazar la concepción del Cosmos.

Me parece perfectamente evidente que esta revolución, que sustituyó el mundo cualitativo del sentido común y de la vida cotidiana por el mundo arquimediano de la geometría reificada, no puede explicarse por la influencia de una experiencia más rica o más amplia que la que los antiguos —Aristóteles— tenían a su disposición.

En efecto, como P. Tannery mostró hace ya bastante tiempo, la ciencia aristotélica, precisamente porque estaba fundada en la percepción sensible y era realmente *empírica*, estaba mucho más de acuerdo con la *experiencia* común que la de Galileo y de Descartes. Después de todo, los cuerpos pesados caen *naturalmente* hacia abajo, el fuego apunta *naturalmente* hacia arriba, el Sol y la Luna se levantan y se ponen, y los cuerpos lanzados no continúan indefinidamente su movimiento en línea recta... El movimiento inercial no es ciertamente un hecho de experiencia, la cual, de hecho, lo contradice todos los días.

En cuanto a la infinitud del espacio, es del todo evidente que no puede ser un objeto de experiencia. El infinito, como ya lo destacara Aristóteles, no puede ser traspasado, ni dado. Comparados con la eternidad, mil millones de años son como nada. Comparados con el

infinito espacial, los mundos que nos han revelado los telescopios —incluido el de Palomar— no son mayores que los de los griegos. Ahora bien, la infinitud del espacio es un elemento esencial de la subestructura axiomática de la ciencia moderna; está implicada en sus leyes del movimiento, muy especialmente en la ley de inercia.

Finalmente, en cuanto a las «experiencias» alegadas por los promotores de la ciencia moderna, y sobre todo por los historiadores, no *prueban* nada en absoluto porque; *a)* tal como fueron hechas —lo he mostrado en mi estudio sobre la medida de la aceleración en el siglo XVII—[6] son todo menos precisas; *b)* para ser válidas, exigen una extrapolación al infinito; y *c)* tienen que mostrarnos la existencia de algo —como el movimiento inercial— que no sólo no pudo ni podrá ser observado por nadie, sino que además es estricta y rigurosamente imposible.

El nacimiento de la ciencia moderna es concomitante de una transformación —mutación— de la actitud filosófica, de una inversión del valor atribuido al conocimiento intelectual comparado con la experiencia sensible, del descubrimiento del carácter positivo de la noción de infinito. De ahí que sea totalmente pertinente que la infinitización del Universo —«la ruptura del círculo» como lo ha llamado Miss Nicholson,[7] o «la explosión de la esfera», como preferí llamarlo yo mismo—

6. «An experiment in measurement», *American Philosophical Society Proceedings*, 1953. [Hay trad. esp. en Koyré. *Estudios de historia del pensamiento científico*, trad. Encarnación Pérez Sedeño y Eduardo Bustos, Madrid, Siglo XXI, 1977, págs. 274-307.]

7. *The Breaking of the Circle*, Evanston, 1950. Véase mi *From the Closed World to the Infinite Universe*. [Para la referencia completa véase nota 4.]

fuera obra de un filósofo, Giordano Bruno, y que, por razones científicas —empíricas— fuera violentamente combatido por Kepler.

Giordano Bruno no es, sin duda, un muy gran filósofo. Y es aún peor científico. Y las razones que nos da en favor de la infinitud del espacio y de la primacía intelectual del infinito no son muy convincentes (Bruno no es Descartes). Sin embargo, no es el único caso —son numerosos no sólo en filosofía sino en ciencia la pura; pensemos en Kepler, en Dalton, o incluso en Maxwell— en que un razonamiento defectuoso, que parte de premisas inexactas lleva a resultados extremadamente importantes.

La revolución del siglo XVII, que anteriormente he llamado «el desquite de Platón» fue de hecho el efecto de una alianza, la de Platón con Demócrito. ¡Extraña alianza! A fe mía que acaece en la historia que el Gran Turco se alía con el Rey Muy Cristiano, —los enemigos de nuestros enemigos son nuestros amigos— o, para volver a la historia del pensamiento filosófico-científico, ¿qué hay más extraño que la alianza más reciente entre Einstein y Mach?

Átomos democríteos en el espacio de Platón —o de Euclides—: se entiende que Newton haya tenido necesidad de un Dios para mantener la conexión entre los elementos constitutivos de su Universo. También se comprende el carácter extraño de este universo —al menos, *nosotros* lo comprendemos: el siglo XIX estaba demasiado habituado a él para ver toda su extrañeza— cuyos elementos materiales, objetos de una extrapolación teórica, se bañan, *sin verse afectados*, en el no ser necesario y eterno, objeto de un conocimiento *a priori*, del espacio absoluto. Se comprende igualmente la implicación rigurosa de este absoluto, o de *estos* absolutos —espacio, tiempo, movimiento absolutos— rigurosamente

incognoscibles a no ser por el pensamiento puro, por los datos relativos —espacio, tiempo, movimiento relativos— que son los únicos accesibles.

La ciencia moderna, la ciencia newtoniana, está indisolublemente ligada a estas concepciones de espacio absoluto, tiempo absoluto, movimiento absoluto. Newton, que fue tan buen metafísico como físico o matemático, se dio cuenta perfectamente. Por lo demás, igual que sus grandes discípulos MacLaurin y Euler, y el más grande de todos ellos, Laplace. Los *Axiomata seu leges motu* son válidos e incluso tienen sentido sólo sobre esos fundamentos.

Además, la historia nos da la refutación. Basta citar a Hobbes que no acepta la existencia de un espacio separado de los cuerpos y, por ello, no comprende la nueva concepción galileana, cartesiana, del movimiento. Pero Hobbes es quizás un mal ejemplo. No es bueno en matemáticas. No en vano John Wallis dijo un día que era más fácil enseñar a hablar a un sordomudo que hacer comprender al Dr. Hobbes el sentido de una demostración geométrica. Leibniz, cuyo genio matemático es *nulli secundus*, es un testigo mucho mejor. Ahora bien, cosa curiosa, en la dinámica, Hobbes es el modelo de Leibniz. Porque, al igual que Hobbes, Leibniz tampoco admitió jamás la existencia de una espacio absoluto y por tanto jamás pudo comprender el verdadero sentido del principio de inercia. Lo que, por lo demás, quizás no era más que una *blessing in disguise*:* ¿cómo, de otro modo, podría haber concebido el principio de la mínima acción? En fin, podría citarse nada menos que a Einstein: está claro que en la física einsteniana la negación del movimiento y del espacio absolutos en-

* Expresión inglesa equivalente a «no hay mal que por bien no venga». [R.]

traña inmediatamente la negación del principio de inercia.

Pero volvamos a Newton. Acaso es posible, nos dice, que no haya ni un solo cuerpo en el mundo que esté verdaderamente en reposo y que además nos sea imposible distinguirlo de un cuerpo en movimiento uniforme. También es verdad que no podemos, ni podremos jamás —por más que Newton parece haber tenido esa esperanza— determinar el movimiento absoluto —uniforme— de un cuerpo, su movimiento en relación al espacio, sino solamente su movimiento relativo, es decir, su movimiento en relación a otros cuerpos sobre cuyo movimiento absoluto —en tanto se trata de movimientos uniformes y no de aceleraciones— estamos tan poco informados como respecto al del primero. Pero eso no es una objeción contra las nociones de espacio, de tiempo, de movimiento absoluto; al contrario, es una consecuencia rigurosa de la estructura misma de éstas. Además, está claro que, en el mundo newtoniano, es infinitamente improbable que un cuerpo se encuentre alguna vez en reposo absoluto; y totalmente imposible que alguna vez se encuentre en movimiento uniforme. La ciencia newtoniana, sin embargo, no puede no utilizar estas nociones.

En el mundo newtoniano, y en la ciencia newtoniana —contrariamente a lo que pensaba Kant que los había comprendido mal, pero por su mala interpretación había abierto la vía a una espistemología y una metafísica nuevas, fundamentos posibles de una ciencia no newtoniana— no son las condiciones del saber las que determinan las condiciones del ser fenoménico de los objetos de esta ciencia —o de los entes— sino, al contrario, la estructura objetiva del ser lo que determina el papel y el valor de nuestras facultades de saber. O, para emplear una vieja fórmula de Platón: en la cien-

cia newtoniana y en el mundo newtoniano, la medida de todas las cosas no es el hombre, es Dios. Los sucesores de Newton pudieron olvidar, pudieron creer que no tenían necesidad de la hipótesis Dios, en adelante andamio inútil de una construcción que se sostenía por sí misma. Se equivocaron. Privado de su soporte divino, el mundo newtoniano se reveló inestable y precario. Tan inestable y tan precario como el mundo de Aristóteles que había reemplazado.

La interpretación de la historia y de la estructura de la ciencia moderna que acabo de esbozar no es la *communis opinio doctorum*, al menos todavía, aunque creo que va camino de serlo. Pero aún no hemos llegado a este punto. De hecho, la interpretación más común es bastante diferente. Todavía sigue siendo la interpretación positivista, pragmatista.

Por lo que respecta a la obra de los Galileo y los Newton, los historiadores de tendencia positivista tienen el hábito de insistir en su aspecto o lado experimental, empirista, fenomenista; en su renuncia a la búsqueda de las causas en beneficio de la búsqueda de las leyes, en el abandono de la pregunta *¿por qué?* y su sustitución por la pregunta *¿cómo?*

Ciertamente, esta interpretación no carece de apoyos históricos; el papel de la experiencia, o más exactamente de la experimentación en la historia de la ciencia es del todo evidente; las obras de los Gilbert, de los Galileo, de los Boyle, etc., están llenas de elogios a la fecundidad de los métodos experimentales opuestos a la esterilidad de las especulaciones. Y en cuanto a la búsqueda de las leyes con preferencia a la de las causas, todo el mundo conoce el famoso pasaje de los *Discorsi* en el que Galileo nos anuncia que sería *ocioso* e inútil discutir las teorías causales de la gravedad propuestas por sus contemporáneos y predecesores, dado

que nadie sabe qué es la gravedad —que no es más que un nombre— y que más vale contentarse con el establecimiento de la ley matemática de la caída.

Y todo el mundo conoce también el pasaje no menos célebre de los *Principia*, en el que Newton, a propósito también de la gravedad, convertida en el interin en atracción universal, nos dice que hasta entonces no ha sido capaz de descubrir la causa «de las propiedades de la gravedad [partiendo] de los fenómenos» y que no ha «imaginado» hipótesis explicativas «pues lo que no se deduce de los fenómenos, debe ser llamado hipótesis, y las hipótesis, tanto físicas como metafísicas, mecánicas o [que supongan] cualidades ocultas, no tienen lugar en la filosofía experimental. En esta filosofía las proposiciones particulares son inferidas de los fenómenos y, a continuación, generalizadas por inducción». En otros términos, las relaciones establecidas por experiencia son transformadas en leyes por inducción.

Por eso no es sorprendente que para un gran número de historiadores y de filósofos este aspecto legalista, fenomenista, en definitiva positivista, de la ciencia moderna aparezca como su esencia o al menos como su *proprium* y que la opongan a la ciencia realista y deductiva de la Edad Media y de la Antigüedad.

Sin embargo quisiera objetar a esta interpretación:

a) Mientras que la tendencia legalista de la ciencia moderna es totalmente indudable y además fue extremadamente fecunda al permitir a los científicos del siglo XVIII consagrarse al estudio matemático de las leyes fundamentales del universo newtoniano —estudio que culmina en la obra admirable de Lagrange y de Laplace— aunque a decir verdad una de estas leyes, a saber la ley de la atracción, fuera transformada por ellos en *causa* y en *fuerza* —su carácter *fenomenista* es mucho menos aparente; de hecho no son los φαινόμε-

να, sino los νοητὰ los que están ligados por leyes causalmente no explicadas o inexplicables. De hecho no son los cuerpos de nuestra experiencia común, sino los cuerpos abstractos, las partículas y los átomos del mundo newtoniano los que son los *relata* o los *fundamenta* de las relaciones matemáticas establecidas por la ciencia.

b) La autointerpretación y autorrestricción positivistas de la ciencia no son en absoluto un hecho moderno. Como mostraron ya Schiaparelli, Duhem y otros, son casi tan viejas como la ciencia misma y, como todas las cosas o casi todas, fueron inventadas por los griegos. El fin de la ciencia astronómica, explicaban los astrónomos alejandrinos, no es descubrir el mecanismo real de los movimientos planetarios que por los demás no podemos conocer, sino sólo salvar los fenómenos, σώζειν τὰ φαινόμενα combinando sobre la base empírica de las observaciones un sistema de círculos y de movimientos imaginarios —un truco matemático— que nos permita calcular y *predecir* las posiciones de los planetas de acuerdo con las observaciones futuras.

Por otra parte, Osiander (en 1543) recurre a esta epistemología pragmatista y positivista para disimular con ella el carácter revolucionario de la obra copernicana. Y precisamente contra esta mala interpretación positivista protestan los grandes fundadores de la astronomía moderna, Kepler, que pone *AITIOLOGETOS* en el título mismo de su gran obra sobre Marte,[8] igual que Galileo e incluso Newton que, a pesar de su célebre *hypotheses non fingo,*[9] en los *Principios matemáticos*

8. *Astronomia Nova* ΑΙΤΙΟΛΟΓΕΤΟΣ *sive physica coelestis, tradita Commentariiis de motibus stellae Martis,* 1609.

9. Véase hoy mi «Hypothèse et experience chez Newton», *Bulletin de la Societé française de Philosophie,* 1956, y I. B. Cohen, *Newton and Franklin,* Philadelfia, 1956.

de filosofía natural estableció una ciencia no sólo realista, sino incluso causalista.

Pues aunque renunciara, provisionalmente o incluso definitivamente,[10] a la búsqueda del *mecanismo de producción* de la atracción, aunque incluso negara la realidad física de la acción a distancia, la propone como una fuerza *real* —transfísica— que subtiende la «fuerza matemática» de su construcción. El antecesor de la ciencia —física— positivista no es Newton, es Malebranche.

En efecto, la actitud newtoniana que renuncia a la explicación física de la atracción y la plantea como un hecho de acción transfísica, no tiene sentido desde el punto de vista positivista. Desde este punto de vista, una acción a distancia instantánea, como nos lo explicó ya Ernst Mach y muy recientemente el señor P. W. Bridgman, no tiene nada de reprensible: exigir la continuidad temporal o espacial es estar ligado a un prejuicio.

Al contrario, tanto para Newton como para sus mejores sucesores, la acción a distancia —a través del vacío— siempre fue vista como algo imposible y por tanto inadmisible, y esta convicción, que como acabo de mencionar podía apelar a la autoridad del propio Newton, es la que conscientemente inspiró la obra de Euler, de Faraday, de Maxwell y finalmente de Einstein.

Como se ve, no es la actitud positivista sino, muy al contrario, la del *realismo matemático,* la que está en el origen de la física de campos, ese nuevo concepto clave de la ciencia cuya importancia capital nos ha mostrado tan bien Einstein.

10. Definitivamente en tanto que búsqueda de explicación *mecánica* de la atracción, provisionalmente en tanto que ésta podía reducirse a la acción de fuerzas *no matemáticas* —eléctricas— ora repulsivas ora atractivas.

Por tanto, creo que es posible concluir provisionalmente al menos que la lección de la historia nos muestra que:

a) La renuncia —la resignación— positivista no es más que una posición de retirada temporal y que si el espíritu humano en la persecución del saber asume periódicamente esta actitud, no la acepta jamás —al menos aún no lo ha hecho nunca— como definitiva y última; tarde o temprano deja de hacer de la necesidad virtud y de alegrarse de su derrota. Tarde o temprano, vuelve al trabajo y se pone de nuevo a buscar una solución inútil o imposible de problemas declarados desprovistos de sentido, tratando de hallar una explicación causal y real de las leyes establecidas y aceptadas por él.

b) La actitud filosófica que a *la larga* demuestra que es buena no es la del empirista positivista o pragmatista, sino, al contrario, la del realismo matemático. En resumen, no la de Bacon o de Comte, sino la de Descartes, Galileo y Platón.

Si tuviera tiempo podría presentar casos de desarrollo completamente paralelos, sacados de los dominios de la ciencia. Podríamos, por ejemplo, seguir el desarrollo de la termodinámica desde Carnot a Fourier —es sabido por lo demás que fueron los cursos de Fourier los que inspiraron a Auguste Comte— y ver en qué se convirtió en manos de Maxwell, de Boltzmann y de Gibbs; sin olvidar la reacción —tan significativa en su perfecto fracaso— de Duhem.

Podríamos estudiar la evolución de la química que, a pesar de la oposición —totalmente «razonable»— de los grandes químicos, sustituyó la *ley* de las proporciones definidas por una concepción atómica y estructuralista de la ley.

Podríamos analizar la historia del sistema periódico que hace algún tiempo mi colega y amigo G. Bache-

lard nos presentaba como ejemplo perfecto de «pluralismo coherente» y ver en qué se convirtió en manos de Rutheford, de Moseley y de Niels Bohr.

O también, la de los principios de conservación, principios metafísicos si los hubo, principios para cuyo mantenimiento se está obligado, de vez en cuando, a postular seres —como el *neutrino*— no observados o incluso no observables en la época de su postulación, cuya existencia no parece tener más que una única meta, a saber, el mantenimiento de la validez de los principios en cuestión.

Creo incluso que se llegaría a conclusiones enteramente análogas si se estudiara la historia —creo que empieza a ser posible— de la revolución científica de nuestro propio tiempo.

Está fuera de duda que fue una meditación filosófica la que inspiró la obra de Einstein —del que podría decirse que, como Newton, fue filósofo tanto como físico. Está perfectamente claro que su negación resuelta, incluso apasionada, del espacio absoluto, del tiempo absoluto, del movimiento absoluto —negación que, en cierto sentido, prolonga la que Huygens y Leibniz opusieron antiguamente a estos mismos conceptos— está fundada en un principio metafísico.

Así, no son los absolutos en sí los que se ven proscritos. En el mundo de Einstein y en la ciencia einsteniana hay absolutos —los llamamos modestamente invariantes o constantes— tales como la velocidad de la luz o la energía total del universo, que harían estremecer de horror a un newtoniano, pero en realidad se trata de absolutos que no están fundados en la naturaleza de las cosas.

En compensación, el tiempo absoluto como el espacio absoluto, realidades que Newton aceptó sin dudarlo —porque él podía apoyarlas en Dios y fundarlas en

Dios—, se convierten para Einstein en fantasmas sin consistencia y sin significación, no ya, como se ha dicho a veces, porque es imposible apoyarlas en el hombre —me parece que la interpretación kantiana es tan falsa como la positivista— sino porque son marcos vacíos, sin relación ninguna con lo que hay dentro. Para Einstein, como para Aristóteles, el tiempo y el espacio están en el Universo y no el Universo en ellos. Puesto que no hay acción física inmediata a distancia —ni Dios que pueda suplir su ausencia—, el tiempo está ligado al espacio y el movimiento afecta a las cosas que se mueven. Pero si la medida de todas las cosas tal como son ya no es Dios, tampoco es el hombre, es la naturaleza.

Por eso, la teoría de la relatividad —de nombre tan desafortunado— afirma precisamente el valor absoluto de leyes de la naturaleza que son tales —y deben ser formuladas de tal manera— que sean cognoscibles y verdaderas para todo sujeto cognoscente. Sujeto, bien entendido, finito e inmanente al mundo, y no sujeto trascendente como el Dios de Newton.

*

Lamento no poder desarrollar aquí algunas observaciones que acabo de hacer respecto a Einstein. Pero creo haber dicho lo suficiente para hacer ver que la interpretación corriente —positivista— de su obra no es en absoluto adecuada, y para dejar adivinar el sentido profundo de su oposición resuelta al indeterminismo de la física cuántica. Tampoco en este caso se trata de preferencias subjetivas o hábitos de pensamiento, lo que se opone son filosofías, y eso explica por qué, hoy como en tiempos de Descartes, un libro de física comienza con un tratado de filosofía.

Pues la filosofía —quizá no es la que se enseña hoy en las facultades, pero sucedía lo mismo en tiempos de Galileo y Descartes— ha vuelto a ser la raíz cuyo tronco es la física y el fruto la mecánica.

II

LOS FILÓSOFOS Y LA MÁQUINA[1]

1. La evaluación del maquinismo

El destacable opúsculo del señor P. -M. Schuhl[2] nos presenta la historia de las relaciones entre la filosofía y la técnica o, más exactamente, la historia de las actitudes de la filosofía y los filósofos (tomando esos términos en su acepción más amplia) ante la técnica y, en particular, hacia la máquina.

La curva que describen estas actitudes es muy curiosa, y puede resumirse como sigue: va desde la resignación sin esperanza (antigüedad) a la esperanza entusiasta (época moderna) para volver a la resignación desesperada (época contemporánea). A lo que hay que añadir, sin embargo, que la filosofía antigua se resigna a la *ausencia* de la máquina, mientras que el contemporáneo se ve obligado a resignarse a su *presencia.*

La andadura de esta curva que, a decir verdad —al menos en su segunda parte—, expresa muy bien la evolución normal de las actitudes humanas, se explica sin ninguna duda por el hecho de que, salvo en muy raras excepciones, lo que interesaba y preocupaba a los filósofos no era la máquina en cuanto tal, ni siquiera la máquina en tanto que realidad técnica, sino la máquina en tanto que realidad humana y social. En otros térmi-

1. *Critique,* números 23 y 26, 1948.

2. A propósito de la obra de P. M. Schuhl, *Machinisme et Philosophie,* 2.ª ed., P.U.F., 1947.

nos, el problema filosófico del maquinismo no se plantea en función del papel de la máquina en la producción, sino en función de su influencia en la vida humana, en función de las transformaciones que el desarrollo del maquinismo le hace, o puede hacerle sufrir. Esto es muy claro en Aristóteles que en un pasaje célebre del principio de la *Política* declara que «la esclavitud dejaría de ser necesaria si las lanzaderas y los plectros pudieran ponerse en movimiento por sí mismos»,[3] lo que conduce a la justificación de la esclavitud: —¿no son necesarios en ausencia, o en la imposibilidad, de la máquina, «instrumentos animados» junto a «instrumentos inanimados»?— e implica como premisa sobreentendida (tan evidente para un griego que Aristóteles no tiene necesidad de mencionarla), la idea de que hay trabajos tan penosos o tan enojosos que ningún hombre digno de este nombre o al menos ningún hombre *libre* podría aceptar;[4] trabajos de los que, por ello, no pueden ser encargados más que los esclavos, o las mujeres. Partiendo de ahí se comprende el sentido humano de los cantos de alegría de Antifilos de Bizancio glorificando los beneficios del molino de agua «que libera a las mujeres del penoso trabajo de la molienda»: «Sacad las manos de la muela, molineras; dormid mucho, aunque el canto del gallo anuncie el día, pues Deméter ha encargado a las ninfas del trabajo que llevaban a cabo vuestras manos: se precipitan desde lo alto de una rueda, hacen girar su eje que, mediante ruedas de en-

3. Es realmente destacable el hecho de que Aristóteles haya comprendido tan bien la esencia de la máquina, el *automatismo*, que las máquinas no han realizado plenamente hasta nuestros días.

4. Se puede preguntar si es Aristóteles quien se equivoca sobrestimando la naturaleza humana o si somos nosotros quienes abusamos llamando «libres» a hombres condenados a trabajos de esclavos.

granage, mueve el peso cóncavo de las muelas de Nisyra. Nosotros disfrutaremos la vida de la edad de oro si podemos aprender a saborear sin esfuerzo las obras de Deméter».

Desgraciadamente, Deméter y las Ninfas esperaron una docena de siglos para sembrar sus beneficios sobre el mundo y la utilización de máquinas, y en particular la utilización de la fuerza hidráulica, no comenzó a propagarse y a desempeñar un papel de cierta importancia hasta los siglos XVI y XVII. De una importancia suficiente, en todo caso, para que Descartes, «observando cuántos autómatas diferentes o máquinas móviles puede hacer la industria del hombre», contemplando «las grutas y fuentes que hay en los jardines de los reyes»... «relojes, fuentes artificiales, molinos y otras máquinas parecidas», conciba (después de Bacon quizá, pero al contrario de éste, sobre la base no de un sensualismo empirista, sino sobre la de una matemático platonizante) la idea de una ciencia (o incluso de una filosofía) activa, operativa, de una filosofía «práctica mediante la que, conociendo el horno y las acciones del fuego, del agua, del aire, de los astros, de los cielos y de todos los demás cuerpos que nos rodean, tan distintamente como conocemos los diversos oficios de nuestros artesanos», podríamos «volvernos como dueños y señores de la naturaleza», de la naturaleza exterior por la «mecánica» y de la naturaleza de nuestro cuerpo por la medicina.

Se comprende entonces que, animado por este sueño grandioso de una ciencia que sería a la vez sabia y poderosa, Descartes haya creído que no podía ocultarla al mundo «sin pecar grandemente contra la ley que nos obliga a procurar, en la medida que seamos capaces, el bien general de todos los hombres», y que no sólo se haya decidido a solicitar el apoyo público para las

experiencias que estaba haciendo, sino que además haya pensado en «crear una escuela de Artes y Oficios» y que haya aconsejado «hacer construir en el Collège Royal y en los otros lugares que se habrían consagrado al público, diversas grandes salas para los artesanos; destinar cada sala a cada gremio; añadir a cada sala un gabinete lleno de todos los instrumentos mecánicos necesarios o útiles a las artes que deberían enseñarse en ella; recabar fondos suficientes no sólo para proveer a los gastos que exigirían las experiencias, sino también para mantener maestros o profesores cuyo número sería igual al de las artes que habría que enseñar. Los profesores deberían ser duchos en matemáticas y en física, a fin de poder responder a todas las preguntas de los artesanos, darles razón de todas las cosas y arrojarles luz para poder hacer nuevos descubrimientos en las artes».

El sueño cartesiano de una humanidad liberada por la máquina de su sujeción a las fuerzas de la naturaleza, de una humanidad vencedora de los males que la abruman, animó a Europa durante más de dos siglos. Incluso hoy sigue vivo y activo.[5] Y sin embargo, después de más de cien años, precisamente después de la época en que la conquista de nuevas fuentes de energía y nuevos materiales, en que la sustitución del agua y la madera por el fuego y el hierro, con la primera revolución industrial, ha inaugurado la edad técnica de la historia humana y ha hecho posible la realización de esas máquinas tan ardientemente deseadas y tan ingenuamente esperadas, tan ingenuamente glorificadas también, se hacen oír voces discordantes. Porque la máquina había traicionado las esperanzas que se habían puesto en ella: destinada a aligerar el esfuerzo de los

5. En EE.UU. y en la U.R.S.S.

hombres, parecía por el contrario no hacer más que agravarla. En lugar de la edad de oro de la humanidad, la edad de la máquina se revelaba como una edad de hierro. La lanzadera y los plectros se movían por sí mismos, pero el tejedor seguía más encadenado que nunca al telar. En lugar de liberar al hombre y hacerlo «el dueño y señor de la naturaleza», la máquina transformaba al hombre en un esclavo de su propia creación. Además, por una sorprendente paradoja, al aumentar el poder productivo de los hombres, la máquina sin duda creaba riqueza, pero al mismo tiempo propagaba la miseria. En fin, la máquina, o al menos la industria, destruía la belleza y creaba la fealdad.[6]

La máquina fuente de miseria... Realmente había de qué estar decepcionado y sorprendido. Pero había que rendirse a la evidencia: la máquina (o al menos la má-

6. Lewis Mumford, en su obra *Technics and Civilisation* (4.ª ed., Nueva York, 1946) [*Técnica y Civilización*, trad. esp. de Constantino Aznar de Acevedo, Madrid, Alianza Editorial, 1971] insistía sobre la fealdad de la edad de hierro, tan bien demostrada por nuestras estaciones de ferrocarril, el Grand Palais y la iglesia de Saint-Augustin. Esta fealdad de la civilización de la edad de hierro (y del carbón) se explica a mi parecer por razones técnicas tanto como por razones sociales. Razones técnicas primero: la máquina de la edad paleotécnica, para emplear la terminología del señor Mumford, es fea en sí misma, en razón precisamente de su imperfección (fealdad de lo primitivo) y es sucia, por la misma razón: la utilización imperfecta del fuego. A su vez, nada es más espantoso que un paisaje de poblados mineros y nada más feo ni más sucio (cubierto de hollín) que una ciudad industrial como Manchester o Glasgow. Razones sociales después: a la introducción del maquinismo en el mundo, es decir, a la primera revolución industrial, corresponde al ascenso social de una clase nueva, relativamente bárbara, animada de voluntad de poder y de riqueza perfectamente desprovista de sentido de la belleza y del gusto: ¡hace falta mucho tiempo para afinar y desarrollar el gusto! Razones análogas explican la ausencia de gusto a principios del siglo XX (arte moderno, etc.).

quina funcionando en las condiciones económicas y sociales dadas) elevaba poderosamente el rendimiento del trabajo; pero, por eso mismo, creaba el paro. Además, llevando siempre más lejos la división del trabajo y su descomposición en operaciones elementales, la máquina volvía el trabajo *más simple* (lo que, como muy bien vio Proudhon, permitía reemplazar al artesano o al obrero cualificado por un peón) pero lo deshumanizaba, volviéndolo más monótono y aburrido. En fin, la máquina, aun aligerando efectivamente el esfuerzo de los hombres, es decir, aun eliminando el recurso a la fuerza física del obrero y reemplazándola por la aplicación de una energía mecánica (lo que permitía reemplazar los peones por mujeres y niños) sustituía el ritmo humano, el ritmo vital del trabajo, formado por la alternancia del esfuerzo y de la parada, por la uniformidad del ciclo mecánico que se podía repetir y reproducir indefinidamente. Dicho de otro modo, las máquinas no conocen la fatiga, pueden trabajar sin parar. Y, sin duda, los obreros se fatigaban. Pero, ¿dónde estaba el límite de lo que podían soportar? Nadie lo sabía y, en todo caso, nadie quería saberlo. Además, ¿había que tomar en cuenta el posible deterioro de este material humano cuando, precisamente gracias al desempleo creado por la máquina, lo había de sobra y, mediante el progreso técnico, se estaba seguro de que siempre lo habría? Por eso la jornada de trabajo alcanzaba las catorce, dieciséis e incluso diecisiete horas, mientras que el salario bajaba proporcionalmente y, por propia confesión de los propios industriales «las seis décimas... de obreros no ganan... lo estrictamente necesario». Se comprende perfectamente que los espíritus más fieles a la fe optimista y democrática del siglo XVIII se hayan rebelado.

Así Michelet, aun reconociendo que la máquina

«pone al alcance de los más pobres una multitud de objetos útiles, de lujo incluso y de arte a los que no podían acceder», escribe que le era «imposible no ver al mismo tiempo esos lastimosos rostros de hombres, esas muchachas marchitas, esos niños encorvados y abotargados» por el servicio a las máquinas. De mismo modo, Villermé señala las deplorables condiciones de vida de los obreros en las grandes ciudades manufactureras (tugurios, promiscuidad, etc.), y la explotación inhumana del trabajo de los niños «que cada día permanecen de dieciséis a diecisiete o dieciocho horas de pie, trece de ellas al menos en un cuarto cerrado casi sin cambiar de sitio ni de postura. No es un trabajo, una tarea, es una tortura...». Eso en Francia. Pues en Inglaterra la situación, tal como nos la describen Buret y Engels, es aún peor. Sobre todo en las minas. Por eso «d'Haussez no duda en comparar la suerte de los obreros ingleses a la de los negros de América», y Robert Owen en decirnos que «la esclavitud blanca en las fábricas era, en esta época de completa libertad, mil veces peor que las casas de esclavos que yo he visto en los Estados Unidos o en las Indias; por lo que atañe a la salud, a la alimentación, a la vestimenta, estas últimas eran preferibles a las fábricas inglesas».

Así pues, ¿qué hacer? Fourier condena el industrialismo, «la más reciente de nuestras quimeras científicas», y el trabajo industrial, generador de penalidades insoportables, «vicio radical del mecanismo civilizado» y busca el remedio en el falansterio «en el que cada grupo de trabajadores ejercerá sucesivamente las distintas actividades que prefiera». Owen «preconiza una nueva organización del trabajo en una comunidad semi-industrial semi-agrícola que intenta en vano realizar en Estados Unidos». Sismondi destaca «que más vale que la población se componga de hombres que de máquinas

a vapor, incluso en el caso de que las telas fabricadas por los primeros fueran más caras que las que fabrican las segundas» y aplica a la industria moderna la fábula del aprendiz de brujo incapaz de deshacer el encantamiento. Carlyle opone al presente el pasado medieval e «invita a los dirigentes de la industria a dejar de ser bucaneros para convertirse en caballeros conscientes de su deber feudal» para con sus obreros. Ruskin «sueña con un trabajo feliz y amado, hecho a mano, sin la ayuda de máquinas que no sean movidas por el viento y por el agua». Samuel Butler, en fin, recogiendo en el plano ideológico la revuelta de los carlistas, describe en *Erewohn* la vida de un país que ha llevado a cabo una revolución industrial al revés y destruye las máquinas «cuya invención no se remonta más allá de los doscientos setenta y un últimos años».[7]

Se podría continuar, y a los textos citados por el señor Schuhl añadir unos cuantos más... En efecto, a medida que la edad técnica desarrolla todas sus virtualidades inherentes, las condenas que proceden de pensadores (o escritores) más o menos reaccionarios (católicos) o más o menos románticos, se hacen más y más numerosas. Se echa la culpa a la máquina y la civilización industrial de todos los males del momento presente. Se les reprocha destruir la diversidad tornasolada del mundo y sustituirla en todas partes por una uniformidad monótona de la chapucería producida en serie, sustituir la noción de valor y de cualidad, por la de tamaño —puramente cuantitativa—: provocar una disminución del gusto e incluso del nivel de la cultura;

7. Samuel Butler no admite en *Erewohn* más que las máquinas que utilizan las fuerzas naturales y los materiales naturales: máquinas de la edad preindustrial, tales como el molino de viento o de agua, etc.

someter al hombre a la prosecución de ganancia y de placeres brutales y abolir en él toda estabilidad, e incluso toda vida interior.

Estas críticas —que a veces se presentan a través de una descripción de la vida americana—[8] no siempre están equivocadas. Es cierto, por ejemplo, que nada puede compararse a la odiosa fealdad de los suburbios industriales a no ser la fealdad presuntuosa de los barrios ricos de las ciudades de la edad de hierro; es cierto que casi todo lo que nuestras ciudades —y nuestros paisajes— contienen aún de hermoso les viene de la época premaquinista.[9] Está perfectamente claro que la trepidación y la complicación siempre creciente de la vida moderna son lo menos compatible que pueda haber con la meditación, la reflexión, con la cultura en suma. Y para volver al papel económico de la máquina y su influencia sobre el hombre, es cierto que nada es más absurdo que la miseria y el desempleo creados por la «superproducción» y el progreso técnico y que, en fin, el trabajo taylorizado, estandarizado y cronometrado del obrero de una cadena de producción moderna es tan degradante y tan embrutecedor, en el sentido más fuerte y más preciso del término, como el del esclavo griego o romano.

¿Debemos condenar la máquina y —resignándonos por otra parte a su presencia— preconizar la belleza de la artesanía y de la vuelta a la tierra? El señor Schuhl no lo cree así. Con mucha razón, esgrime que la máqui-

8. No necesito insistir sobre la hipocresía y la deshonestidad intelectual de los críticos que oponen al presente americano no el presente, sino el pasado (idealizado) de Europa.

9. También es ridículo comparar la St. John's Catedral de Nueva York a Nôtre Dame, o Chicago a Dijon. Hay que compararlas con obras contemporáneas, con Saint-Augustin o el Sacré-Coeur o los suburbios «modernos» de Lyon.

na, en suma, ha mantenido su promesa: efectivamente ha aumentado (de manera quizá demasiado rápida y demasiado brusca) el poder del hombre y casi le ha hecho «el dueño y señor de la naturaleza»; que indudablemente ha aumentado el bienestar y el nivel de vida de las poblaciones de los países industriales; que los horrores del periodo «heroico» del capitalismo pertenecen al pasado y que la legislación social, más y más desarrollada, la protección de la mujer y del niño, la limitación de la jornada de trabajo y la mejora de sus condiciones, sobre todo desde la «segunda revolución industrial», han dotado a los hombres de algo que —excepto una pequeña minoría— no poseyeron jamás, a saber, de *ocio*,[10] y por tanto de la posibilidad de acceder a la cultura. O de crear una cultura. Porque la civilización no nace del trabajo: nace del ocio y del juego.

Por eso podría añadirse que corresponde al hombre mismo el saber qué uso hará de su poder y de sus ratos libres. En particular, ¿querrá salvaguardar para el individuo una zona de libertad y de vida personal, de vida «privada», o, al contrario, creando deliberadamente una civilización de masas, impulsando hasta el final las tendencias al conformismo, a la uniformización y nivelación inherentes a ésta, optará por la despersonalización del hombre y su inmersión total —que puede llamarse también «integración» o *adjustment*— en el grupo, para desembocar en un *brave new world* en la línea del que Aldous Huxley nos ofreció hace tiempo una imagen quizás profética? Sin embargo, la máqui-

10. Eso no es totalmente exacto; el hombre de la Edad Media, con sus innumerables fiestas, no carecía de ocio. En cuanto a saber lo que el hombre moderno hará con el suyo es un problema que, *mutatis mutandis*, se planteaba ya en las sociedades antiguas.

na, en tanto que tal, no tiene nada que ver con todo esto: en efecto, hay civilizaciones, grandes civilizaciones, tales como la china y la hindú que rechazaron la personalización sin haber conocido jamás el maquinismo.

A mi parecer, el señor Schuhl tiene mucha razón al poner el acento en la «segunda revolución industrial» que cerró la edad de hierro e instauró la edad de la electricidad. Con ella, en efecto, la humanidad abandonó el periodo *técnico* de su historia y entró en el periodo *tecnológico*, periodo que tiene sus propios caracteres, muy a menudo opuestos a los de la época precedente.[11]

Por mi parte creo que se podría ir más lejos aún y pretender que, incluso en su fase inicial, los perjuicios del maquinismo (salvo en el plano estético) fueron mucho menores de lo que se dice. Sin duda no puede uno leer sin rebelarse las descripciones de la miseria atroz de las clases obreras en la primera mitad del siglo XIX que nos han recopilado, por ejemplo, Engels y Buret. Y menos aún puede leer, sin sentir repugnancia y horror, los productos de la propaganda capitalista defendiendo, *en nombre de la libertad y del cristianismo*, el derecho de los patrones a hacer trabajar a los niños en las minas y poner en la calle a los obreros enfermos o viejos. (Es una lástima que el señor Schuhl no se haya creído obligado a citar ejemplos de esta literatura.)[12] La historia de la acumulación capitalista, tal como nos

11. Se podría caracterizar la máquina de la edad eléctrica —y aún más la de la edad electrónica— por su limpieza, su precisión y su automatismo casi completo que transforma al obrero de servidor en vigilante. Véase G. Friedmann, *Problèmes humains du machinisme industriel*, París, 1946.

12. Se encontrarán ejemplos admirables de ésta en el libro clásico de R. H. Tawney, *Religion and the Rise of Capitalism*, Nueva York, 1926, y para Francia en el libro reciente de H. Guillemin, *Histoire des catholiques français au XIX siècle*, París, 1947.

la cuenta Marx en la primera parte de *El Capital,* no es una historia muy bella. Ni una historia muy edificante.[13] Y, sin embargo, temo mucho que al afirmar que la situación de las clases trabajadoras ha empeorado a consecuencia de la revolución industrial no se cometa un error muy grave si no se precisan suficientemente los términos de la comparación. Exacta, sin duda, si se limita a comparar el nivel de vida del obrero de principios del siglo XIX al del artesano del siglo XVII o del XVI, esta afirmación es ciertamente falsa si se le da, como se hace demasiado a menudo, un alcance general.

Hay que resistirse al espejismo romántico y a su idealización de los «gremios» y de los «maestros artesanos» y, en compensación, no hay que olvidar el hecho de que el artesanado medieval trabajaba sobre todo para una clientela *restringida y rica,* que sus productos eran tan caros que hoy serían clasificados entre los objetos de lujo[14] y que, a pesar de ello, la persistencia de la fuerza humana como fuerza motriz y fuente de energía (eran los *hombres* los que hacían girar los tornos de los torneros y las ruedas de los alfareros, eran *hombres* y no caballos o caídas de agua los que, en la gran mayoría de los casos, accionaban las sierras y los aparatos de izamiento, eran *hombres* los que hacían funcionar los fuelles de las fundiciones y herrerías)[15] implicaba la existencia de una gran masa de trabajadores no cualificados cuyo modo de vida y nivel de

13. La historia de la acumulación socialista es quizás una historia bella y edificante, pero no menos dura que la de la acumulación capitalista.

14. Por eso los vestidos, los muebles y los utensilios domésticos figuran entre los inventarios de las herencias.

15. Véase G. Agrícola, *De Re metalica,* Colonia, 1546. Son hombres los que hacen funcionar las bombas de achique de las minas.

existencia difería totalmente de la de un armero, un orfebre o un pañero.

Pero, incluso en lo que concierne a estas industrias de lujo cuyas obras admiramos aún hoy, pensemos en la miseria fisiológica del vidriero, del tejedor, del minero.

No hay que olvidar, además, que la ciudad medieval (tanto como la del siglo XVI y del XVII), centro administrativo y religioso y, ante todo y después de todo, centro de comercio y no de industria, era un oasis de bienestar en medio de la miseria atroz del campo. Pues el campesino, excepto en un periodo bastante breve de la alta Edad Media en el que la imposibilidad del transporte forzaba al consumo inmediato y limitaba por este hecho las exacciones de los señores, era pobre, muy pobre. Incluso la situación económica y social del *yeoman* inglés que, gracias a la invención y al uso del arco de seis pies, era infinitamente superior a la del campesino continental, era todo menos desahogada. Tampoco aquí hay que dejarse influir por la imagen de la *Old merry England;* hay que pensar más bien en los tumultos, en las hambrunas y, sobre todo, en el hecho demográfico: en el hecho de que, hasta la revolución industrial, la población de Inglaterra oscilaba entre 4 y 7 millones de habitantes sin sobrepasar jamás esa cifra.

Ahora bien, en el curso de los siglos XVI y XVII, la situación del campesinado inglés aún había empeorado terriblemente: la introducción y el perfeccionamiento de las armas de fuego que habían acabado por destruir la base militar del feudalismo y permitido la formación de los Estados modernos, también había privado al arco de su valor militar y, por ello, la *yeomanry* no pudo resistir los avances de la nueva nobleza que la privaron de sus tierras comunales (*enclosures*). La deserción de los campesinos y la invasión de las ciuda-

des por la miseria campesina fueron su primer efecto: la existencia de esta masa de hombres que, en sus aldeas, morían literalmente de hambre es lo que permitió la industrialización tan rápida de Inglaterra y, al mismo tiempo, determinó el nivel de vida del obrero. Nivel muy bajo, sin duda, pero con toda evidencia muy superior al nivel de vida rural, puesto que la revolución industrial y la industrialización de las ciudades provocaron un formidable impulso demográfico que, a su vez, favoreció el desarrollo siempre creciente de la industria. Incluso se podría defender que la explotación descarada del trabajo, y en particular del *trabajo de los niños*, fue el factor —o uno de los factores— determinantes de este impulso demográfico: los niños que trabajan, producen, y por ello aumentan la masa de bienes —del alimento— del que goza, o que se reparte, la clase trabajadora.[16]

¿Este impulso demográfico, resultado del descenso de la mortalidad infantil y de la mortalidad en general, es en sí un bien o un mal? ¿La concentración de multitudes humanas más y más numerosas en las grandes ciudades que la técnica moderna (la del transporte) ha hecho posible, es un bien o un mal? Las opiniones, sin duda, pueden estar divididas. Es cierto que había más sitio cuando había un número menor; es cierto también

16. Por eso las familias son numerosas en todas las partes en que el niño no está protegido: en los países agrícolas, donde no existe escolaridad obligatoria, y en los países industriales, donde no existe legislación del trabajo. Inversamente, la introducción de la protección de los niños y de la escolaridad obligatoria, lleva, en breve término —dos o tres generaciones— a una caída de la natalidad. Add. 1959: Un trastocamiento de la situación demográfica se produce en los países muy ricos, como Estados Unidos, y en los que —como Francia y Canadá— toman a su cargo el sustento de los niños.

que el paisaje rural es más bello, hablando en general, e incluso más humano que los desiertos de piedra (y cemento) de nuestras grandes capitales.

Pero, ¿quién sabe? La máquina, al crear riqueza, parece devolvernos la oligantropía y, quizá también es la máquina —que ha vuelto a crear el nomadismo— la que permitirá la redispersión de las poblaciones urbanas y su reinserción, consciente esta vez, en la naturaleza.

La máquina, me refiero a la inteligencia técnica del hombre, mantuvo su promesa. Corresponde a su inteligencia política y a su inteligencia sin más el decidir para qué fines empleará el poder que ésta puso a su disposición.

2. Los orígenes del maquinismo

El estudio de la evolución de las actitudes de la filosofía y de los filósofos hacia la máquina, del que hemos trazado una curva sumaria, curva que se explica, en última instancia, por el progreso del maquinismo y el desarrollo gradual de sus consecuencias humanas, nos lleva, o nos devuelve, a los problemas del maquinismo y del progreso técnico en tanto que tales. Problemas cuya importancia e interés no pueden escapar a nadie. Pues incluso si no se admite, con los marxistas, que la evolución de la técnica determina y explica toda la historia humana, que constituye el argumento del que todo el resto —moral y política, filosofía y arte— no son más que funciones dependientes, no deja de ser cierto que las revoluciones industriales de los dos últimos siglos han modificado profundamente, e incluso trastocado, las condiciones y los marcos de la vida humana y que esos trastocamientos nos han creado una mentalidad y hábitos de pensamiento muy diferentes

de los que eran comunes en la Edad Media y en la Antigüedad.

Se podría decir, *grosso modo*, que la civilización industrial ha «desnaturalizado» nuestro mundo y ha sustituido el medio, el marco y el ritmo natural de la vida por un ritmo mecánico, un marco artificial, un medio fabricado.[17] Y, paralelamente, el pensamiento moderno sustituye en todas partes el esquema biológico por el esquema mecánico de explicación. Podría decirse también —y quizá vendría a ser lo mismo— que la técnica preindustrial era una técnica de adaptación a las cosas y que la técnica industrial es la de la explotación de las cosas. Se podría añadir incluso que la técnica moderna es la de la creación de las cosas.[18]

¿Cómo y por qué nació esta técnica? ¿Cuál es la fuente y el origen del maquinismo? En el fondo no se sabe en absoluto. Pues todas las explicaciones, por plausibles que sean, finalmente no hacen más que darle vueltas al asunto. Lo que después de todo no es un escándalo para el intelecto. Es bastante normal que haya en la historia —incluso en la historia del intelecto— acontecimientos inexplicables, hechos irreductibles, comienzos absolutos.

Los orígenes de la técnica se pierden en la noche de

17. No olvidemos, sin embargo, que el medio humano no es nunca, o casi nunca, un medio enteramente «natural»; es siempre, o casi siempre, transformado por el hombre. El campo es tan poco «natural» como el arado. Abandonada a sí misma, la naturaleza produce la jungla, la pampa y el desierto.

18. Nada es más característico de la industria moderna que el empleo, más y más amplio, de materiales más y más artificiales, de materiales que no se encuentran tal cual en la naturaleza: pasando por las aleaciones, los vidrios, los *plásticos*, se ha llegado a los «*elementos artificiales*».

los tiempos. Es posible, por otra parte, que la técnica, propiamente dicha, no tenga más origen que el lenguaje: el hombre siempre ha poseído herramientas, lo mismo que siempre ha poseído lenguaje. Incluso parece haber sido siempre capaz de fabricarlos. Precisamente por ello a la definición del hombre por la palabra se le ha podido oponer la definición por el trabajo: el hombre en tanto que hombre sería esencialmente *faber*, fabricante de cosas, fabricante de herramientas.[19] Por eso ni la prehistoria ni la etnografía nos permiten asistir al nacimiento de la herramienta, sino sólo seguirlo en su evolución y sus perfeccionamientos.

Si la herramienta no tiene origen, la máquina sin ninguna duda tiene uno. Pero no un origen *histórico*. Pues si existieron, si existen aún grupos humanos tan primitivos o degenerados que ignoran toda clase de máquinas, en compensación, todas las civilizaciones cuya historia podemos estudiar ya las poseen, al menos poseen aparatos que, como el torno del alfarero, el telar de tejedor, el horno, la prensa, los aparatos de izamiento, etc., se sitúan, por así decir, a medio camino entre la herramienta y la máquina propiamente dicha. Y todas las grandes civilizaciones de la Antigüedad poseen, aunque en forma ínfima, verdaderas máquinas. Por eso, el gran problema que preocupa tanto a la historia de la civilización como a la de las técnicas no consiste en explicar por qué hubo máquinas en Egipto, en Grecia y en Roma, sino al contrario, explicar por qué hubo tan pocas, explicar no el progreso, sino el estancamiento, explicar, en particular, cómo y por qué el admirable despegue de la civilización griega no fue ni precedido, ni

19. Sin embargo, se podría preguntar si esta oposición es legítima, y si la palabra y la herramienta no van, necesariamente, unidos.

acompañado, ni seguido de un despegue técnico correspondiente.

Para dar cuenta de este hecho verdaderamente sorprendente se podría invocar la falta de materias primas —de hierro principalmente— en el mundo antiguo. El hierro era raro y caro. Y sin hierro, ¿cómo fabricar máquinas? Muy acertado si se trata de máquinas modernas. Menos acertado si se trata de máquinas más simples: la industria del siglo XVI y XVII construyó las suyas con madera, al igual que los ribereños del Éufrates hacían —y hacen aún— sus enormes ruedas de irrigación con madera.

Podría invocarse la pobreza energética del mundo antiguo que no solamente no conocía la máquina de vapor, sino que ni siquiera sabía enganchar convenientemente sus caballos. Muy acertado también; es indudable que sólo el descubrimiento del poder motriz del fuego (y la utilización del carbón en metalurgia) permitió el desarrollo de la gran industria, y que el arnés moderno no aparece hasta el siglo XI.[20] Seguramente este último punto no deja de tener importancia: para el transporte eficaz y rápido, el caballo es, en efecto, indispensable. Pero lo es mucho menos para hacer girar una rueda de molino o una rueda de engranaje; para estas necesidades los bueyes pueden servir igualmente bien. Además, en lo que concierne al enganche del caballo, realmente resulta bastante sorprendente que una invención tan simple no haya sido hecha hasta tan tarde. Sin duda, a nadie que arrastrara una barca se le ocurrió jamás pasar la sirga por su cuello; se pasa por la espalda o a través del pecho. ¿Cómo es posible que ninguno de los conductores de carros de combate lo

20. Véase R. Lefebvre des Nouettes, *L'Attelage. Le cheval de selle à travers les âges*, París, 1931.

haya notado, o que ninguno de los que sirgaban en el Nilo se lo hiciera notar jamás?[21] Finalmente, dado que se disponía de la rueda de paletas y la rueda de engranaje, nada se oponía a que los romanos y griegos utilizaran fuerzas hidráulicas, al menos en la medida en que se hizo en los inicios de los tiempos modernos.

El estancamiento técnico del mundo antiguo podría explicarse de una manera mucho más profunda por razones psicosociológicas; estaría determinado por la propia estructura de la sociedad y de la economía antiguas: sociedad aristocrática, economía fundada en la esclavitud. El señor Schuhl, siguiendo a Émile Meyerson, adopta esta explicación: «Si no recurrieron a las máquinas... fue porque entonces no había necesidad de economizar la mano de obra cuando tenían a su disposición máquinas vivientes, numerosas y poco costosas, tan alejadas del hombre libre como la bestia: los esclavos». «La abundancia de la mano de obra servil hace la máquina antieconómica; el argumento por otra parte se invierte formando un círculo del que la Antigüedad no llegó a salir: pues, a su vez, la ausencia de máquinas hace que no se pueda prescindir de los esclavos. Además, la existencia de la esclavitud no sólo crea condiciones tales que la construcción de máquinas que ahorre mano de obra parece poco deseable desde un punto de vista puramente económico, sino que además entraña una determinada jerarquía de valores que provoca el desprecio del trabajo manual.»

Este desprecio, rasgo común de las civilizaciones aristocráticas (e incluso de otras) estaba tan extendido

21. Parece claro, en todo caso, que los carreteros nunca hicieron esa comparación. Por mi parte me inclino a creer que el enganche del caballo nos llegó de Asia y que allí no fue más que una adaptación del arnés del perro.

entre los griegos que, como nos recuerda el señor Schuhl, el mismo término βάναυσος, «que significa artesano, se convierte en sinónimo de despreciable y se aplica a todas las técnicas: todo lo que es artesanal o manual comporta vergüenza y deforma el alma al mismo tiempo que el cuerpo», el cuerpo, porque el ejercicio de un oficio determinado entorpece e impide su desarrollo armonioso; el alma porque la industria tiene como meta «satisfacer lo que hay de inferior en el hombre, el deseo de riqueza...». «Por eso el desprecio que se tiene por el artesano se extiende al comerciante: en relación con la vida liberal que se dedica a los ocios del estudio intelectual, (σχολή, *otium*) el negocio (*neg-otium*, ἀσχολία), "los negocios", en la mayoría de los casos, no tienen más que un valor negativo; la vida contemplativa, dice Aristóteles, es superior a las formas más altas de la actividad práctica. La contemplación, escribirá Plotino, es el fin supremo de la acción; la actividad no es más que la sombra, el debilitamiento, el acompañamiento».

Por eso el ingeniero e incluso el experimentador no están mejor considerados que el artesano; la teoría se opone a la práctica y Vitruvio, al comienzo de su tratado de arquitectura, proclamará en vano la necesidad de unirlas. Para Eudemo, el gran mérito de Pitágoras consiste en haber hecho de las matemáticas una disciplina liberal al estudiarlas desde un punto de vista inmaterial y racional. Y Plutarco nos cuenta que Platón se enfadó con Arquitas y Eudoxo que habían tratado de resolver ciertos problemas geométricos como el de la duplicación del cubo, con la ayuda de aparatos mecánicos: «Habiéndose enfurecido Platón con ellos afirmando que corrompían y echaban a perder la dignidad y lo que había de excelente en la geometría, haciéndola descender de las cosas intelectivas e incorpóreas a las

cosas sensibles y materiales y haciéndola usar materia, con la que es necesario, demasiado vilmente y con excesiva bajeza, emplear el trabajo de las manos: a partir de este momento, digo, la mecánica o arte de los ingenieros fue separada de la geometría y, siendo durante mucho tiempo menospreciada por los filósofos, se convirtió en una de las artes militares».[22]

Desafortunadamente, incluso convirtiéndose en militar, el ingeniero no pudo desprenderse del aprobio de la mecánica. Como su colega civil, del que se reconocía la utilidad pero se despreciaba la profesión, no era en el fondo más que peón (μηχανοποίον).[23] Por eso, como ha destacado Diels en su *Antike Technik:* «Arriano da numerosos detalles sobre el sitio de Tiro, menciona los soldados que subieron primero en el asalto a las murallas, pero no siente la necesidad de citar al ingeniero que inventó las máquinas necesarias y diri-

22. De hecho, Plutarco se equivoca totalmente sobre el sentido del reproche de Platón: trazar una curva con la ayuda de aparatos mecánicos era renunciar a su análisis geométrico y renunciar a la precisión matemática en provecho de una aproximación.

23. Creo que traduciendo μηχανοποίον y por «ingeniero» se falsea muy sensiblemente el sentido del término y, por tanto, el significado de los pasajes citados; μηχανοποίον quiere decir: peón, a lo sumo mecánico, maquinista: el término evoca la labor no la ingeniosidad (ingeniero viene de *ingenium*). Ahora bien, hay que señalar el hecho, perfectamente explicable por lo demás (véase M. Halbwachs, *La Classe ouvrière et les niveaux de vie,* Travaux de l'Anné sociologique, I. París 1912): ninguna civilización, hasta aquí, ha atribuido valor al trabajo manual en tanto que tal, y es poco probable que lo haga alguna vez; lo que ha sido estimado y lo que se sigue estimando, es la habilidad, la ingeniosidad, el saber (o, cuando se trata de fuerza física, la excepción: Milon de Crotona, etc.), la *skill,* no la labor. Y las sociedades industriales, ya sean capitalistas o socialistas, a este respecto no difieren de las demás: al peón no especializado, al *unskilled labourer,* se le honra tan poco en la U.R.R.S. como en Estados Unidos.

gió los trabajos». Y «el más grande de los ingenieros antiguos, Arquímedes, no llegó, parece, a convencerse a sí mismo de la legitimidad de sus trabajos de mecánica... Y Plutarco, después de haber dicho cuán asombrosas eran las máquinas que puso en juego contra los romanos, nos informa que ni siquiera él las tomaba «muy en cuenta... pues en su mayor parte eran juegos de geometría que había hecho jugueteando como pasatiempo, a instancias del rey Heron, que le había rogado que revelara un poco la geometría de la especulación de las cosas intelectivas por la acción de las corporales y sensibles, e hiciera que la razón demostrativa fuera un poco más evidente y más fácil de comprender para el pueblo común, mezclándola por la experiencia continua con la utilidad práctica»... «No obstante, añade, Arquímides tuvo tan altas miras y tan profundo el entendimiento, en el que tenía un tesoro oculto de tantas invenciones geométricas, que no se dignó a dejar por escrito jamás ninguna obra sobre el modo de montar todas estas máquinas de guerra... y repudiando toda esta ciencia de inventar y construir máquinas y, en general, todo arte que proporcione alguna utilidad que poner en funcionamiento, vil, bajo y mercenario, empleó su mente y su estudio en escribir solamente cosas cuya belleza y sutilidad no estuvieran mezcladas en modo alguno con la necesidad».[24]

24. Quizás la actitud de Arquímedes (sin olvidar que los «trabajos de ingeniero» de que habla Plutarco son, en su mayor parte, legendarios) no es tan sorprendente como piensan Diels y el señor Schuhl. Después de todo, como muy oportunamente nos recuerda el señor J. Pelseneer (véase «Science pure et science appliquée à la lumière de l'histoire des sciences», en *Alumni*, t. XIV, n. 4, Bruselas, 1947), el gran físico holandés H. A. Lorentz que durante veinte años dirigió trabajos de diques y esclusas de los Países Bajos, hizo exactamente como él.

Por eso «la oposición de lo servil y lo liberal se prolonga en la de la técnica y la ciencia; y la existencia misma de la esclavitud, por un curioso rebote, desvía a todos los científicos de todas las investigaciones que habrían podido tener el efecto de abolirla: buscar las aplicaciones prácticas es rebajarse, venir a menos»; además esta creencia en la preeminencia de la θεωρία sobre la πράυις, en la que todos están de acuerdo en ver lo característico del espíritu griego, se ve reforzado y apoyado por la de la superioridad de la naturaleza sobre el arte, que no puede más que imitarla sin alcanzar nunca su perfección y, por tanto, no puede producir más que *Ersatz*. Por eso, «el filósofo opone al progreso técnico el retorno a la naturaleza (*non desiderabis artificem si sequeris naturam*)».

La mentalidad que desde el final de la Edad Media y sobre todo desde el Renacimiento, se desarrolla en Europa es totalmente distinta. La *vita activa* toma cada vez más ventaja a la *vita contemplativa*, la θεωρία retrocede ante la πρᾶξις; «el fiel de la balanza se inclina a favor de términos anteriormente depreciados». Ciertamente el movimiento es lento, sobre todo en sus comienzos. «El desprecio de las artes mecánicas subsistió mucho tiempo. Sin duda, *mecánico* no se confunde ya con *servil*; pero por una parte la palabra se opone a *liberal* como en la Antigüedad y por otra, se pone a *noble.*» «En cierto sentido, escribe Pirenne, la idea antigua del trabajo indigno del hombre libre se vuelve a encontrar en la caballería.» «Subsiste en la división (oposición) de las artes *liberales y mecánicas*, en el desprecio que los médicos educados desde su infancia y juventud mediante cultura humanista, artes liberales y toda clase de filosofía profesan por los cirujanos que ejercen un arte mecánico.» Podría añadirse que sobrevive en el desprecio de la nobleza por el comercio y la industria, etc.

Pero las ciudades nacen y crecen; se desarrollan el comercio y luego la industria; las corporaciones se organizan; se construyen catedrales; las técnicas se perfeccionan; la collera que permite utilizar plenamente la fuerza motriz del caballo hace su aparición, al igual que el timón,[25] que transforma las condiciones de la navegación (en el siglo XIII) y que, siglos más tarde, hará posible el descubrimiento de América y los grandes viajes de exploración que súbitamente ensanchan el planeta, dan una salida fulgurante a las energías de los hombres y derraman sobre Europa las riquezas del Nuevo Mundo. Un poco antes, «las revueltas y las guerras a las que se añaden las hambrunas y las epidemias, provocan crisis, reducen la mano de obra: así se explica que los siglos XIV y XV recurrieran en mayor medida a las máquinas, a la fuerza del viento y sobre todo a la del agua» que en adelante sirve no ya sólo para moler el grano, sino también para abatanar los paños, fabricar el papel, mover los martinetes de las fraguas, etc.

Finalmente «poco a poco la ciencia comienza a penetrar en el interior de todas estas prácticas puramente empíricas». Al menos los prácticos pretenden, con más o menos razón, que su arte está gobernado por la ciencia. Por eso B. Palissy afirma que para gobernar el fuego hace falta «una filosofía» y una «geometría singular».[26] Por eso Leonardo da Vinci, ingeniero militar como los grandes ingenieros de la antigüedad, proclama el valor de la experiencia y enseña que «la ciencia de la mecánica es la más noble y la más útil de todas...

25. Creo, por mi parte, que en ambos casos no se trata de invenciones locales (europeas) sino de importaciones de Asia. Véase Lefebvre des Nouttes, *L'Attelage. Le cheval de selle à travers les âges*, *Op. cit.*, y *De la marine antique à la marine moderne*, París, 1935.

26. Con lo que, por lo demás, se burla del mundo.

La mecánica es el paraíso de las ciencias matemáticas». El señor Schuhl invoca, además, la «vuelta a Arquímedes»,[27] la invención de la artillería, «que al mismo tiempo que arruina el feudalismo en provecho del poder central va a transformar la física» planteando a los científicos el problema de la balística, de donde saldrá la nueva ciencia del movimiento de Galileo Galilei.

Todo esto, naturalmente, está ligado a una profunda transformación social, pues entre la «gente bien» y la «gente mecánica» se intercala desde el siglo XIV un grupo nuevo, el de los comerciantes, cuya influencia y poder no dejan de aumentar. «Es el momento en que la palabra "negocio" cambia de signo, si puede decirse así, y toma el valor positivo que le niega la etimología.» Es también el momento en que *otium* se convierte en «ociosidad». La enseñanza del portavoz del espíritu nuevo, del espíritu que anima la naciente civilización burguesa, refleja la evolución de las costumbres y de la moral. «Bacon reprocha a los filósofos haber vivido alejados de los negocios, *a negotiis*... no siendo la meta del moralista escribir en el ocio cosas para leer en el ocio sino proporcionar las armas para la vida activa»; la virtud del hombre del Renacimiento no es escapar a la fortuna, sino dominarla; la meta del filósofo no es ya enseñarnos a seguir la naturaleza, sino enseñarnos a dominarla por medio del arte. En fin, si «Aristóteles

27. Puesto que el señor Schuhl me hace el honor de citarme a propósito de la influencia ejercida por Arquímedes a lo largo del siglo XVI, quisiera precisar que ésta se ejerce sobre todo en el sentido de la geometrización de la naturaleza, de la sustitución del mundo cualitativo de la ciencia aristotélica por un mundo cuantitativo. De la recuperación de Arquímedes salió en el siglo XVII la física matemática primero y el cálculo infinitesimal después. La técnica no la aprovechó más que indirectamente salvo, quizás, en el caso de Simon Stevin y Salomon de Caus.

oponía el progreso de la ciencia pura al estancamiento de las rutinas, Bacon adopta la actitud opuesta: mientras que los filósofos se han quedado en el mismo punto desde hace siglos, los técnicos han progresado y han transformado el mundo...».

En resumen, podría decirse que si el mundo antiguo no desarrolló el maquinismo y en general no hizo progresar la técnica, es porque había estimado que estaba ante algo que no tenía ninguna importancia. Y que si el mundo moderno lo hizo, es porque le pareció, al contrario, que era lo que más importaba.

*

Me parece que la explicación psicosociológica de los orígenes del maquinismo y de la civilización industrial, tan brillantemente presentada y defendida por el señor Schuhl, explicación mucho más matizada y por eso mucho más satisfactoria que la que nos habían ofrecido los marxistas, contiene una buena parte de verdad. Es indudable que, aun en el caso de que sea imposible, como yo lo creo, dar una explicación sociológica del nacimiento del pensamiento científico, o de la aparición de grandes genios que revolucionaron su desarrollo —Siracusa no explica a Arquímedes, como Padua o Florencia no explican a Galileo—, ese mismo desarrollo necesita unas condiciones sociales determinadas. La ciencia no se desarrolla en el vacío; los científicos son hombres, necesitan vivir y, como ya nos lo dijo Aristóteles, tienen necesidad de ocio. Y para que las *leisured classes*, o al menos una parte de las *leisured classes*, empleen su ocio en el ejercicio del pensamiento científico, y no en las mil otras cosas en las que podrían emplearlo, es necesario que entre las *leisured classes*, y quizá también entre las que no lo son, la posesión del

saber científico parezca deseable, esté rodeado de respeto e incluso de prestigio. Sólo en estas condiciones pueden crearse las escuelas científicas sin cuya existencia el desarrollo de la ciencia es rigurosamente imposible (para hacer avanzar la ciencia primero es necesario aprender, y para aprender hay que tener a alguien que enseñe; inversamente, para enseñar ciencia tiene que haber alguien que aprenda), y puede formarse el medio favorable y comprensivo que, por el interés que le profesa, apoye, al menos moralmente, el esfuerzo del científico y constituya el público al que se dirige. Pues a pesar de todas las declaraciones orgullosas que afirman lo contrario, no se habla cuando no hay nadie para oír, y no se escribe cuando no hay nadie para leer.

Ahora bien, las condiciones sociopsicológicas de la existencia de la ciencia que acabo de evocar no se han dado en la historia más que muy raramente. En particular, las civilizaciones aristocráticas, o más exactamente, timocráticas y oligárquicas, igual que las civilizaciones teocráticas, desprecian el conocimiento teórico o al menos no se interesan por él en absoluto. El saber que valoran —todas las civilizaciones humanas siempre han atribuido un valor al saber, al menos a un cierto saber— es el saber mágico o el saber sagrado, el saber del poder,[28] no el saber de la intelección, de la contemplación desinteresada, de la θεωρία. Eso que nos explica por qué *pudo* haber una ciencia en Grecia (aunque no por qué la hubo), pero no en Roma, en Cartago o en Persia.

28. Es característico que sea el rey *Hierón* el que pide a Arquímedes que *preste atención a la ciencia práctica dejando de lado la ciencia pura,* y que sea Arquímedes el que se niegue o no lo haga más que en defensa propia. Como Lorentz.

¿La teoría sociológica nos explica de una manera satisfactoria la estructura concreta de la ciencia antigua? ¿Nos explica la pobreza técnica de la Antigüedad? Personalmente, no lo creo. En todo caso, creo que requiere algunas reservas y algunos complementos. Por ejemplo, es cierto que la superabundancia de una mano de obra servil no pudo sino entorpecer los progresos de la técnica y sobre todo del pensamiento técnico. El hombre es un animal perezoso[29] y, a pesar de Aristóteles, no detesta nada tanto como el ejercicio del pensamiento. Por eso —con apenas unas pocas excepciones— no piensa más que cuando verdaderamente no puede hacer otra cosa. Ahora bien, hay pocos trabajos, al menos de entre los que podía emprender el mundo antiguo, para los que diez o veinte mil peones, ya sean esclavos como en Grecia o en Roma, o trabajadores «libres» como en Egipto o en China —a condición, quede claro, de que se pueda disponer de ellos un tiempo suficientemente largo—, no sean capaces de suplir la ausencia de máquinas. Por eso se pueden cavar canales o túneles, mover montañas, edificar presas y construir pirámides, dividir bloques de granito y de mármol, e incluso pulirlos, grabarlos y ajustarlos sin emplear otra cosa que «músculos» [*huile à bras*] y las máquinas más simples, sin usar excavadoras mecánicas y grúas a vapor. Más aún, se pueden llevar a cabo incluso trabajos que ninguna máquina —ni siquiera las más modernas y

29. La Biblia, muy acertadamente, nos presenta el trabajo como efecto de la caída, como castigo, maldición divina. Por eso en todas las lenguas los términos que designan el trabajo designan al mismo tiempo el sufrimiento... la mujer parirá con *trabajo*... Y si el puritanismo nos enseña una «moral de trabajo» no es *como gozo*, sino que nos lo impone como *obligación*. Hubo que esperar a Hegel para que nos enseñara que «el esclavo se libera por su trabajo» y al siglo XX para descubrir el «gozo en el trabajo».

potentes— podría hacer; ninguna grúa, efectivamente, podría elevar los bloques ciclópeos de Heliopolis o de Karnak. Es, pues, muy normal que, en estas condiciones, el maestro de obras piense en la meta a alcanzar y no en los medios de alcanzar la meta.

Es igualmente cierto que la existencia misma de la esclavitud no podía dejar de determinar o, al menos, matizar toda la *Weltanschauung* del hombre antiguo,[30] al igual que su ausencia, la del hombre moderno. Para reforzar la tesis sociológica se podría, se debería incluso, insistir sobre la estructura y el papel, profundamente diferente, de la ciudad medieval y de la ciudad antigua: mientras que esta última, centro ante todo de vida *política*, constituye la clave y la expresión perfecta de la civilización griega y romana, civilización a la vez aristocrática y esclavista, siendo la ciudad medieval por sus propios orígenes, no de aristócratas sino de comerciantes, constituye en la sociedad medieval un elemento ciertamente indispensable, pero no obstante extraño y hostil, que se intercala como una cuña en la estructura jerárquica del feudalismo rural —la ciudad es *libre*, su aire es *libre*, el trabajo de sus artesanos es *libre* (las corporaciones están cerradas a los esclavos y a los siervos)— y acabará por hacerla saltar. La ciudad medieval, y más aún la ciudad del Renacimiento, aun siendo un centro religioso y administrativo, es *burguesa*, y lo

30. Del griego y del romano del periodo clásico. Sobre el trabajo en Grecia, además del libro harto conocido de G. Glotz, *Le Travail dans la Grêce antique*, París, 1920, véanse los destacables artículos del señor A. Aymard, «Hiérarquie du travail et autarcie individuelle dan la Grêce archaïque» en *Revue d'histoire de la philosophie et d'histoire générale de la civilisation*, 1943, y «L'idée du travail ans la Grêce archaïque» en *Journal de Psychologie*, 1948. De ahí se desprende que el trabajo, en tanto que tal, no era en absoluto despreciado en la Grecia arcaica.

es tanto más cuanto que las dos grandes adquisiciones de la Edad Media, la collera para el caballo y el timón de codaste para los navíos, al modificar profundamente las condiciones del transporte y por tanto del comercio, acaban por conferir a los comerciantes un poder económico y financiero que estaban lejos de poseer en la antigüedad clásica, si no preclásica.

Sin embargo, la superabundancia de la mano de obra y la existencia de la esclavitud no van necesariamente juntas. Si esa superabundancia es un rasgo característico de la economía egipcia (fundada por lo demás sobre el trabajo libre y la servidumbre y no sobre la esclavitud), no lo es en absoluto de la economía antigua tomada en su conjunto ni en particular de la del mundo griego. Por eso, sin querer discutir o siquiera disminuir la importancia de la esclavitud en la economía y en la vida de la ciudad griega,[31] tampoco hay que exagerar su papel y representarse la sociedad antigua como una sociedad de *otiosi*, que viven únicamente del trabajo de los esclavos y que pasan su tiempo en las palestras y en el ágora.[32]

Los ciudadanos libres de la ciudad griega (con la excepción de Esparta y las ciudades dóricas de Creta) y en particular los ciudadanos de Atenas, eran, en su mayoría, bastante pobres y se ganaban la vida con el sudor de su frente. Sin duda no amaban su trabajo y preferían con mucho pasarse la mañana en el teatro y no

31. Se sabe que la utilización del trabajo servil en la industria es una particularidad de la Grecia clásica (de la que Roma la heredó). En las grandes civilizaciones orientales el trabajo industrial fue libre.

32. Tampoco hay superabundancia de esclavos en el Imperio Romano, al menos en el bajo Imperio. Y es precisamente esa falta de mano de obra servil, en ausencia del maquinismo, lo que explica la transformación en siervos de poblaciones libres del Imperio.

en el tajo o en su taller; y hacer política o gimnasia más que su oficio. Desgraciadamente no tenían los medios para ello. Algunos trabajos ciertamente estaban reservados a los esclavos. Eran esclavos los que trabajaban en las minas. Pero, a pesar de Aristóteles, los tejedores[33] y los zapateros, los carpinteros y los albañiles, los herreros y los alfareros, eran hombres libres, ciudadanos o metecos. Eran también hombres libres, ciudadanos, los que servían en la flota y los marineros que remaban en las galeras de la marina ateniense (oficio penoso donde los haya y que más tarde se reservará a los esclavos, a los prisioneros y a los forzados). El gran éxito de Pericles, la estabilidad extraordinaria de su poder, la adhesión tan firme que la democracia ateniense le había prestado, se explican en gran medida precisamente por el hecho de que la concentración de todos los negocios en Atenas y la sustitución del tributo de los aliados por sus prestaciones militares habían permitido enriquecer la ciudad y dar trabajo a sus ciudadanos mediante los grandes trabajos de embellecimiento y de fortificación de ésta, así como por la extensión de la flota.

No olvidemos tampoco el papel e importancia del comercio en el mundo griego. Sin duda, como acabo de decir, la ciudad griega no era desde el origen una ciudad comercial (aunque sí lo eran las ciudades jónicas y ciertas colonias). Pero lo había llegado a ser en una medida nada despreciable. Y no sólo Corinto, mencionada por el señor Schuhl, sino Siracusa y Samos, pero sobre todo Atenas, gran potencia marítima, centro comercial y bancario del mundo griego (quizás incluso

33. Incluso el trabajo de tejedor que Aristóteles reserva a los esclavos (y a las mujeres) no debía ser absolutamente despreciado. ¿No compara Platón el político al tejedor?

mediterráneo), Atenas cuya moneda era de curso legal en todas partes, cuyos navíos surcaban los mares desde España hasta Crimea, Atenas cuyo territorio exiguo y pobre no podía alimentar a sus habitantes y cuya prosperidad, y la vida misma, estaban fundadas en el intercambio: importación de trigo, de pescado seco, de materias primas; exportación de los productos de sus viñas, de sus olivares, de sus talleres.

Existían personajes a menudo tan importantes como los armadores y los negociantes del Pireo, cuya mentalidad y moral[34] estaban mucho más próximas de la mentalidad y la moral «burguesas» de las gentes de Cartago (cuyo prestigio en el mundo griego era muy grande) que de la mentalidad de los descendientes de los aristócratas terratenientes con los que se codeaban todos los días.

En cuanto a los aristócratas... No olvidemos que en las civilizaciones más aristocráticas los verdaderos aristócratas forman siempre una pequeña minoría. Y que a los nobles, patricios, eupátridas, iguales, se oponen siempre masas muy numerosas de pecheros, de plebeyos, de *thètes,* de gentes que trabajan, viajan, hacen negocios, que a menudo hacen fortuna (la oposición entre nobles y no-nobles no es equivalente a la oposición entre ricos y no-ricos). Sin duda la mentalidad de las clases superiores influye siempre sobre el conjunto. Sin embargo, sería un error peligroso identificarlas pura y simplemente. Y si se nos dijera que los artesanos, los industriales, los comerciantes y los armadores del mundo griego eran a menudo, e incluso quizás en la mayor parte de los casos, inmigrantes, metecos, no cambiaría

34. El viejo Céfalo, del que al principio de *La República* Platón nos traza un retrato inolvidable, es un representante típico de estos grandes burgueses del Pireo.

nada la cuestión. Quizás incluso se podría responder: al contrario. Pues el hecho de ser extranjeros y por tanto de estar excluidos de la vida política de la ciudad favorecía singularmente su inmersión en la vida económica. Se trata de un hecho constante en la historia: la importancia e incluso la preponderancia económica e industrial de los grupos «marginales» de la sociedad «establecida» —inmigrantes, herejes, etc.—. En cuanto a sus facultades intelectuales y morales... no olvidemos que los metecos (como por otra parte una buena parte de los esclavos) eran griegos y que, por el hecho de haber emigrado de Eubea a Atenas o de Tasos a Corinto, no se transformaban en bárbaros.[35] Por mi parte, tengo la impresión de que el griego del siglo IV, parlanchín, curioso por todo, surcador de mares, comerciante, pirata, aventurero[36] —aventurero demasiado preocupado de vivir sus aventuras para tomarse el tiempo y la molestia de escribirlas y darles una expresión literaria—, es el mismo tipo de hombre cuya aparición en las ciudades jónicas de Asia Menor, durante el siglo IV, señala el señor Schuhl: «Son exploradores, comerciantes que por las necesidades de la navegación se hacen geógrafos y astrónomos; ingenieros que quieren actuar sobre la naturaleza; enciclopedistas curiosos por todo...» que toman prestado lo empírico[37] de los pueblos vecinos y crean ellos mismos lo racional.

Y henos aquí reconducidos al problema —enigma que ninguna explicación sociológica podría resolver—

35. No olvidemos que los grandes sofistas eran *wandering scholars* y que ni Protágoras ni Aristides ni tantos otros eran ciudadanos atenienses.

36. Véanse los bellos trabajos de T. R. Clover, sobre todo *The Challenge of the Greek*, Londres, 1942.

37. Si Tales y Eupalinos son ingenieros e ingenieros militares, el gran Arquitas también lo es.

¿cómo es posible que los marineros griegos, tan inteligentes, tan emprendedores, tan osados y tan prendados de sí mismos, no más por otra parte que los marineros fenicios o los de Cartago, tuvieran jamás la idea de sustituir el timón-remo de su navío por un verdadero timón?

*

Pero sigamos. Es indudable, al menos *grosso modo,* que la sabiduría antigua busca ante todo y sobre todo enseñarnos a renunciar, enseñarnos a prescindir de cosas que deseamos o podríamos desear: las buenas cosas de este mundo; y que la no-sabiduría moderna se aplica, al contrario, a satisfacer nuestros deseos e incluso a provocarlos; es igualmente cierto que la enseñanza de los filósofos expresa y refleja el espíritu de su tiempo. Pero no lo expresa necesariamente de una manera directa. Frecuentemente lo refleja a *contrario,* dialécticamente, para emplear un término de moda. Las enseñanzas de los filósofos, las diatribas de los moralistas, las prédicas y los sermones de los teólogos toman a menudo, si no siempre, la realidad cotidiana a contrapelo; la condenan y, a la escala de valores, a las reglas de conducta, a las leyes y a las instituciones sociales admitidas y aceptadas, oponen sus propios ideales; y lo hacen de una manera tanto más violenta cuanto mayor es la distancia entre «lo que es» y «lo que debe ser». Por eso me parece aventurado asimilar la mentalidad de Plotino a la del mundo romano de su época, o la de Platón (o Aristóteles) a la mentalidad de los atenienses. Porque, después de todo, si Platón enseña el desprecio de las riquezas y de la «crematística», es decir del arte de enriquecerse y ganar dinero, sabe muy bien, y nos lo dice, que este desprecio no está difundido en el mun-

do y que, al contrario, la pasión por las riquezas, el amor a la ganancia, «el voraz apetito del oro y la plata» domina todo y a todos, y que es incluso «la única y exclusiva razón por la que ninguna ciudad quiere molestarse por investigar las ciencias, ni en general nada de lo que es bueno y bello (καλὸν καγαθόν)»; lo que Cicerón confirma diciéndonos que *omnia revertunt ad nummos.*[38] Y Aristóteles, por más que nos explica que la vida contemplativa, la βίος θεωρητικός, es la que procura al hombre la satisfacción más profunda y más alta, sabe perfectamente que la aplastante mayoría de los hombres —quizá porque es incapaz de la vida teórica— no la sigue y que para la juventud ateniense no es la filosofía, sino la acción política la que constituye la vía que lleva hacia el ideal de la vida: ideal de poder y del goce y no ideal de sabiduría. En cuanto a la valoración social de las «artes mecánicas», la actitud de Posidonio que predica el valor y la importancia de las grandes invenciones (la rueda, la bóveda, etc.) atribuyéndolas a los sabios del pasado y que opone el oficio de ingeniero (*machinator*) a los oficios «vulgares» (al trabajo manual) me parece mucho más significativa que la de Séneca que es violentamente crítica; pues mientras que Séneca reproduce pura y simplemente la tradición filosófica clásica, Posidonio, por su parte, innova —y puede admitirse que al hacerlo toma más en cuenta la realidad de su tiempo que su crítico que, a decir verdad, en sus *Cuestiones Naturales* se muestra partidario de la teoría del progreso. Progreso no sólo de las ciencias, sino también de las técnicas. Lo mismo, por lo demás, que Lucrecio.

38. Todo se reduce al dinero o lo reducen todo al dinero.

*

El trabajo manual y las artes mecánicas eran despreciadas, es cierto. Sin embargo, Hippias no creía hacerse despreciable, ni siquiera ridículo —muy al contrario, pretendía hacerse propaganda— pavoneándose de haber fabricado enteramente con sus manos todo lo que llevaba sobre sí, todas las piezas de su vestimenta, las sandalias e incluso el cinturón. Y el propio Platón, como nos recuerda el señor Schuhl, «habría inventado un despertador hidráulico»; lo que tendía a probar que Tales no era en absoluto el único filósofo «bien dotado para las artes mecánicas (εὐμήχανοι εἰς τέχνας)»; y es bien sabido que, para la construcción de sus mitos, se había inspirado «en el funcionamiento de los planetarios o aparatos similares»: lo que, por su parte, indica una estima singular por el trabajo de los «mecánicos». Estima perfectamente justificada, por lo demás, puesto que la construcción de aparatos presupone una colaboración estrecha entre científicos y artesanos y, en estos últimos, una habilidad técnica de ningún modo despreciable.

Es indudable que el ingeniero, incluso el ingeniero militar, por más que hubiera podido invocar el ejemplo de Tales y Arquitas de Tarento, estaba muy lejos de tener una alta situación social, y no participaba, o lo hacía poco, de la gloria del soldado (ni de las ventajas del conquistador). Pero, a decir verdad, las cosas han cambiado poco a este respecto: el ingeniero no ha gozado nunca del prestigio del guerrero (excepto Vauban, ninguno de ellos ha alcanzado nunca una verdadera notoriedad y, lo mismo que los historiadores de la Antigüedad, los historiadores modernos —y eso a pesar del papel infinitamente mayor de la técnica— nos conservan los nombres de los capitanes y nos dejan en la ig-

norancia acerca de los de los constructores de máquinas que aseguraron sus victorias),[39] y los militares, los «verdaderos militares» siempre han despreciado y detestado los «servicios». Por lo demás, no nos engañemos: efectivamente, el oficio de ingeniero se disoció muy lenta y muy tardíamente del de mecánico, y sólo en la medida en que deja de ser un oficio *manual* y se convierte en un oficio *científico*. Por eso cuando Platón nos dice: «no querrás dar tu hija a un *mechanopoíon*» quizás no está tan alejado de la mentalidad de hoy —¿qué intelectual, en efecto, incluso no aristócrata, qué funcionario, incluso soviético, querría dar su hija a un mecánico o a un ingeniero zapador?— como la traducción de *mechanopoíon* por «ingeniero» podría hacer suponer.

Es dudoso, además, que la situación social del científico (o incluso del filósofo),[40] en tanto que tal, haya sido, en el mundo antiguo, tan superior a la del técnico, arquitecto o escultor. Las civilizaciones aristocráticas, las verdaderas, es decir, la civilizaciones militares, desprecian la ciencia pura tanto o más que la técnica:

Le vrai sire
Châtelain
Laisse écrire
Le vilain,
Sa main digne,
Lorqui'il signe

39. En lo cual andan equivocados, sin duda, como lo están al hablarnos del genio de los vencedores y no —factor mucho más importante— de la estupidez de los vencidos.
40. ¿No es el propio Platón el que nos habla del desprecio de la sociedad ateniense por el filósofo?

Egratigne
Le parchemin...[41]

y, a pesar de los ejemplos llamativos de amistad o de devoción de alumnos principescos hacia sus maestros, en la Antigüedad el oficio de profesor (la mala fama de los sofistas es una prueba de ello) nunca se cotizó muy alto.

Además, hay que distinguir las épocas. Sin ser muy alta, la situación del ingeniero antiguo no dejaba de ser envidiable. De hecho comportaba ventajas en absoluto despreciables y sin duda no era inferior a la de un ingeniero del Renacimiento. Un ingeniero, incluso civil, era algo muy distinto de un obrero, incluso superior,[42] y nadie se divertiría confundiendo a Ctesibio o Herón de Alejandría o, dos siglos más tarde, en Roma, a Vitruvio con un simple albañil, ni siquiera con un maestro de obras de la construcción. La disociación a la que acabo de aludir estaba hecha o estaba haciéndose y el desprecio de las «artes mecánicas» corresponde cada vez menos a la realidad. Y tampoco a la mentalidad de los filósofos. ¿No se atribuyó, en efecto, a Aristóteles un libro que trataba de *Cuestiones Mecánicas*? Y Pappo, en sus *Colecciones matemáticas* (1. VIII, *prefacio*) no nos dice, asimilando, como Herón, la mecánica a una *teoría racional,* que «siendo útil para múltiples e importantes cosas que se presentan en la vida, merece con justicia el mayor favor de los filósofos y constituye la ambición de todos los matemáticos». También Vitruvio

41. El verdadero señor / castellano / deja escribir / al villano, / su mano digna, / cuando firma / araña / el pergamino...

42. El *marchinator* es algo muy distinto del *operaius* ya para Cicerón. Prueba de que Posidonio tuvo razón al oponer el oficio de ingeniero al trabajo manual.

nos dice que el ingeniero debe ser «ingenioso y dócil a la ciencia: pues ni el genio sin la ciencia ni la ciencia sin el genio pueden hacer un artista perfecto. Y que sea letrado, hábil en el dibujo, instruido en la geometría, que conozca numerosas historias, que haya escuchado diligentemente a los filósofos, que sepa música, no sea ignorante de la medicina, que conozca las decisiones de los jurisconsultos, que tenga conocimiento de la astrología y de las leyes del cielo». Ahora bien, la administración imperial que, por su política de las obras públicas (carreteras, puertos, templos, escuelas, etc.: el Imperio fue el mayor constructor que el mundo haya conocido), tenía necesidad de un personal numeroso y altamente cualificado, lo tenía en abundancia e incluso de sobra en este sentido. Por eso un famoso edicto de Constantino prescribe la apertura en el Imperio de verdaderas escuelas de ingenieros cuyos profesores y alumnos —jóvenes bien dotados y bien preparados— debían ser sustentados a expensas del Estado (el Estado debía poner igualmente a su disposición las salas de los cursos necesarios) y además ellos y sus padres estaban exentos de impuestos.

Por lo demás, los ingenieros militares y civiles de la Antigüedad realizaron un trabajo totalmente respetable. Sus máquinas de guerra —las catapultas y las balistas— eran ingenios extremadamente potentes, mucho más potentes que los cañones de los siglos XVI y XVII. Y sus tablas de tiro aunque se hacían empíricamente —igual por lo demás que las de los artilleros de la época premoderna y moderna: la balística, como ya he dicho en otra ocasión, no fue inventada por los artilleros y los artificieros sino *para* ellos e incluso *contra* ellos—[43] eran mucho más precisas que las de los arti-

43. Véase hoy mi artículo: «La dinámica de Niccolò Tartaglia»,

lleros del Renacimiento. En general, leyendo los libros de Vitruvio o de Herón de Alejandría —además, como nos recuerda el señor Schuhl, su publicación, traducción y difusión es la que inspira y fecunda el pensamiento técnico del Renacimiento, y todo el mundo conoce la influencia de Vitruvio sobre la arquitectura de este tiempo—, no se puede por menos que admirar la ingeniosidad extrema que despliegan. Sin hablar de la famosa bomba de Ctesibio, sus prensas, sus aparatos de izamiento (grúas, tornos de mano, poleas), de transmisión (engranajes) y de tracción, sus aparatos pneumáticos dan fe de una aplicación consciente del pensamiento a los problemas. Lo que hace más sorprendente aún el hecho de que, situados ante un problema de una importancia primordial y vital para el Imperio —me refiero al problema de los transportes del que puede decirse sin exagerar que dominaba toda la estructura civil y toda la organización militar del Imperio romano que se hundió por no haber sabido resolverlo—, los ingenieros imperiales, militares o civiles, romanos o griegos no hallaron la solución.

Por otra parte, podría suceder que no la hallaran porque no la buscaron. Puesto que es verdad que se encuentra a veces, incluso muy a menudo, algo muy diferente de lo que se busca, pero para encontrar hay que buscar. Ahora bien, no me parece que los ingenieros antiguos hayan buscado mucho: desarrollaron, mejoraron, entendieron los métodos tradicionales pero raramente innovaron.[44] En el fondo, fueron arquitectos, incluso

---

La Science au XVI siècle, París, 1960. [Koyré. *Estudios de historia del pensamiento científico*. Trad. esp. Encarnación Pérez Sedeño y Eduardo Bustos, Madrid, Siglo XXI, págs. 103-124.]

44. Por lo demás es difícil dar cuenta del *pensamiento* técnico de la Escuela de Alejandría pues no poseemos más que fragmentos ínfimos de la literatura técnica conservada en compilaciones tardías y mediocres.

constructores, mucho más que ingenieros propiamente dichos. Después de todo, construyeron anfiteatros y basílicas, puentes y carreteras, puertos y navíos —no transformaron ni los carros que circulaban por los caminos, ni los navíos que entraban en sus puertos... No supieron domeñar ni la fuerza hidráulica, ni la del viento (ni la del caballo) y la ingeniosidad de los ingenieros imperiales quedó colmada y se agotó no en la construcción de máquinas sino en la de aparatos que no tenían ninguna utilidad práctica, mecanismos que aseguraban la apertura automática de las puertas cuando el fuego sagrado se encendía sobre al altar, autómatas para la distribución de agua bendita, o incluso simples juguetes, como la famosa eolipila o la fuente llamada de Herón.[45]

Sin duda, también el esfuerzo intelectual de los mecánicos y los ingenieros del siglo XVI y XVII se derrochó ampliamente en la construcción de juguetes y distracciones, leones rugiendo y pájaros que beben, picoteando y aleteando, saltos de agua de fuentes mágicas (más aún, en pleno siglo XVIII, Vaucanson, antes de aplicar su ingenio al perfeccionamiento de los telares, lo había usado en la fabricación de autómatas). Parece, por contrario al sentido común que pueda parecer —pero, ¿es el hombre un animal de sentido común?—, que en la evolución humana lo superfluo prima sobre lo necesario, que lo inútil viene antes que lo útil, lo divertido antes que lo práctico: por eso los relojeros de la Edad Media sabían construir máquinas de una ingeniosidad maravillosa que podían reproducir la marcha de los planetas, poner en movimiento procesiones de figuras humanas y hacer sonar las horas con los ca-

45. En la clasificación de Pappo los ilusionistas θανμασιουργόι ocupan un lugar escogido.

rillones, sin haber sido nunca capaces de hacerles indicar la hora con cierta precisión. La impresión que dejan los libros de máquinas del siglo XVI y del XVII es asimismo profundamente diferente. Por una parte, porque entonces los ingenieros tienen tras de sí las grandes invenciones —o quizás más exactamente, las grandes adquisiciones— tecnológicas de la Edad Media: la solución al problema de los transportes, la utilización cada vez mayor de fuentes de energía no humanas, e incluso no animal (el agua y el viento); por otra parte, porque los problemas nuevos planteados por la navegación transoceánica y el desarrollo de la metalurgia, poderosamente estimulada por las necesidades militares (la invención y perfeccionamiento de las armas de fuego, sobre todo del cañón), demandaban soluciones nuevas;[46] finalmente, porque la atmósfera general, el clima espiritual de los siglos XVI y XVII, siglos de grandes descubrimientos astronómicos y geográficos, siglos de un *ensanchamiento prodigioso del mundo, impulsaban a la invención, a la búsqueda de lo nuevo.* De ahí que las recolecciones técnicas de los siglos XVI y XVII nos presenten, junto a la descripción y dibujos de máquinas realmente existentes (sierras, fuelles, bombas, etc., mecánicas, es decir, accionadas por la fuerza motriz del caballo y sobre todo del agua), una cantidad de proyectos de máquinas que no existen aún, pero que se podría, o debería, fabricar.[47]

46. Uno de los problemas que más poderosamente contribuyó al desarrollo del maquinismo fue el del bombeo y la elevación del agua. Mientras que el ingeniero romano salía adelante vertiendo el agua en los acueductos (solución magnífica y al mismo tiempo perezosa, solución de arquitecto y no de ingeniero), lo que le permitía el problema de la elevación, este último problema es el que se impuso a los ingenieros del Renacimiento.

47. Por otra parte, a menudo son proyectos de máquinas que

La teoría sociopsicológica insiste con razón en la diferencia —que subsiste, a pesar de todas las críticas y todas las atenuaciones que yo le haya opuesto— entre la mentalidad «moderna» y las de la Edad Media y de la Antigüedad.

En el mundo burgués que cree en el progreso y que sustituye más y más al mundo feudal, que, por su parte, tenía fe en la tradición, no sólo aumenta constantemente el lugar y el papel de la industria y de la técnica, sino que también la posición social y el prestigio del ingeniero, del inventor, aumentan, incluso más rápidamente aún. Y eso, sin duda, mucho más que los provechos materiales que esperaban poder sacar de sus obras, podría explicar, en parte, que Galileo y Huygens hayan publicado sus «trabajos de ingeniero» mientras que Arquímedes se haya negado a hacerlo. Pues lo mismo sucede con Descartes que, fiel en eso a la moral tradicional, se vanagloriaba aún «de no ser de condición que le obligue a hacer de la ciencia una profesión para alivio de su fortuna»... Pero podría pretenderse que la razón de este hecho es otra; a saber, que los «trabajos de ingeniero» de Galileo y de Huygens —los que publicaron— eran de una naturaleza profundamente diferente: mientras que los primeros eran trabajos de ciencia aplicada, los segundos no eran más que aplicaciones de la ciencia.[48]

Está claro, en efecto, que la explicación psicosocio-

---

no se podrían hacer funcionar: los ingenieros del Renacimiento no estaban fuertes en cálculo.

48. De hecho, lo que corresponde, en Arquímedes, a los «trabajos de ingeniero» de Galileo y Huygens son sus trabajos de estática e hidrostática, y no sus inventos de máquinas militares. Son estos últimos, no obstante, los que han alimentado su leyenda y le han asegurado la gloria popular.

lógica del estado y del estancamiento de la técnica antigua (y en especial de su ignorancia del maquinismo) que he comentado más arriba descansa totalmente sobre la premisa implícita de la dependencia de la técnica respecto de la ciencia. Puesto que, sólo bajo esta hipótesis, la psicología del científico (y la estructura de la ciencia) se convierte en algo importante. En resumen, la explicación psicosociológica afirma que la técnica antigua no sobrepasó un determinado nivel, relativamente primitivo y se desarrolló tan poco a lo largo de los siglos, debido a que, por razones históricas y sociales determinadas, el científico griego despreció el trabajo y las cuestiones «mecánicas», en otras palabras, porque la ciencia griega no elaboró tecnología.

Indiscutiblemente, la historia de la técnica antigua parece confirmar la interpretación que acabo de esbozar. Y, por lo mismo, parece dar razón al análisis comparativo que Aristóteles —sino ya Platón— nos da de la ἐπιστήμη y de la τέχνη, oponiendo el espíritu innovador de la primera a la actitud tradicionalista de la segunda. En efecto, tal como Platón nos ha explicado tantas y tantas veces, la τέχνη es rutinaria en cierto modo por esencia, porque opera conforme a reglas que no comprende y que, en consecuencia, no es capaz de criticar y menos aún cambiar (si no por inadvertencia u olvido).[49] Nada explica mejor, parece, la impresión curiosa que se tiene al leer a Vitruvio: la de un nivel intelectual a la vez muy alto y muy bajo. Y es que Vitruvio copia y no inventa, se limita a codificar las reglas e inventariar las recetas. Vitruvio, a pesar de sus pretensiones tan pregonadas, no posee «ciencia» y no

49. El estancamiento de las técnicas agrícolas, el espíritu rutinario del campesino, en casi todo el mundo, es una confirmación clamorosa de esta tesis.

es en absoluto un científico. El mundo romano ignoró la ciencia precisamente a causa de su espíritu práctico («técnico»). Por eso, sin duda, por una justa compensación de las cosas, su técnica fue tan rutinaria. Por eso también, salvo en el caso de la arquitectura, experimentó tan poco progreso.

La concepción aristotélica (o platónica) de la oposición radical entre ἐπιστήμη y τέχνη es a buen seguro extremadamente perspicaz y profunda. Incluso parece que se ve confirmada por la historia. Al menos en parte. Porque es evidente que en la historia humana la técnica precede a la ciencia y no *viceversa*. Ahora bien, puesto que la τέχνη no recibe las reglas que siguen y que observa de la ἐπιστήμη, y puesto que las reglas no le caen del cielo, nos vemos forzados a admitir un origen independiente de la técnica y, por tanto, la existencia de un *pensamiento técnico*, pensamiento práctico, esencialmente diferente del pensamiento teórico de la ciencia.

El pensamiento activo, operativo, para emplear los términos de Bacon que se convirtió en su campeón, es el que constituye, en el interior del sentido común, por experiencia, por *trial and error*, la habilidad manual de los oficios y las reglas de las artes. Y son estas reglas las que, transmitiéndose de generación en generación, acumulándose y combinándose, formaron el tesoro del saber empírico —saber precientífico pero, no obstante, saber— que permitió a los hombres desarrollar técnicas, e incluso llevarlas a un nivel de perfección insuperable antes, incluso mucho antes, de haber concebido la teoría.

Lo que, quede claro, no quiere decir que la ciencia no pueda volverse hacia la técnica y hacer *la teoría de la práctica*; es precisamente entonces cuando aparece la *tecnología*, ciencia técnica y técnica científica que, en relación a la técnica empírica es lo que la ciencia

griega al saber de los agrimensores egipcios. Así pues, el problema del estancamiento (y del nivel relativamente bajo) de la técnica antigua encierra dos cuestiones enteramente diferentes:

a) ¿Por qué el *pensamiento técnico* de la Antigüedad no progresó en la medida en que podía hacerlo sin salir del límite de la τέχνη, sin elevarse a un *nivel superior*?[50]

b) ¿Por qué los inventores de la ἐπιστήμη no la aplicaron a la πρᾶξις, por qué, en otros términos, la ciencia griega no desarrolló una tecnología cuya idea, sin embargo, había formulado?[51]

Me parece que la teoría psicosociológica no proporciona una respuesta satisfactoria a ninguna de estas preguntas. No nos explica, en efecto, ni por qué los prácticos —cuya situación social fue mucho más elevada de lo que nos dice— no desarrollaron la *técnica*, ni por qué los científicos que, después de todo *no eran* aristócratas, no pensaron en elaborar una *tecnología*.

En el fondo, eso no debe sorprendernos. Es imposible, en historia, evacuar el hecho, y explicarlo todo.

50. Los progresos técnicos de la Edad Media, tanto en la agricultura (el arado) como en la industria, se deben a la *práctica* y no a la *teoría*.

51. Podría pretenderse incluso que en su teoría de las «cinco potencias» (máquinas simples) había puesto las bases y que, por ello, la técnica antigua es una τέχνη semicientífica.

III

DEL MUNDO DEL «APROXIMADAMENTE» AL UNIVERSO DE LA PRECISIÓN[1]

En un artículo publicado aquí mismo[2] sostuve que el problema del origen del maquinismo tomado en su doble aspecto, a saber: *a)* ¿por qué el maquinismo nació en el siglo XVII? y *b)* ¿por qué no nació veinte siglos antes, en particular en Grecia?, no tiene solución satisfactoria, es decir una solución que finalmente no nos remita simplemente al hecho (dudo, por otra parte, que en historia alguna vez pueda eliminarse el hecho). Pero, en compensación, creo que se puede esbozar una solución de conveniencia, una solución que nos hará ver, o comprender, que la ciencia griega no *podía* dar nacimiento a una verdadera tecnología. En ausencia de una física, una tecnología es rigurosamente inconcebible. Ahora bien, la ciencia griega no elaboró una física y no podía hacerlo porque en la constitución de ésta la estática debe preceder a la dinámica: Galileo es imposible antes de Arquímedes.

Sin duda cabe preguntarse por qué la Antigüedad no conoció un Galileo... Pero, en el fondo, esto equivale

1. Este artículo se publicó originalmente en *Critique*, n. 28, 1948. (A raíz de las obras: Lewis Mumford, *Technics and Civilisation*, 4.ª ed., Nuevas York, Harcourt, 1946; Willis L. Milham. *Time and Timekeepers*. Nueva York. MacMillan, 1945; L. Défossez, *Les savants du XVIIe siècle et la mesure du temps*. Lausana. Ed. du Journal suisse d'Horlogerie et de Bijouterie, 1946; Lucien Febvre, *Le problème de l'incroyance au XVIe siècle*. 2.ª ed., Albin Michel, Col. «L'Evolution de l'Humanité», 1946.)

2. *Critique*, nn. 23 y 26, *supra*, pág. 305 y sigs.

a plantearse el problema de la parada, tan brusca, de la admirable progresión de la ciencia griega. ¿Por qué se detuvo su crecimiento? ¿A causa de la ruina de la ciudad? ¿De la conquista romana? ¿De la influencia cristiana? Es posible. Sin embargo, en el ínterin Euclides y Ptolomeo pudieron vivir y trabajar en Egipto. En sí nada se opone a que Copérnico y Galileo les hubieran sucedido directamente.

Pero volvamos a nuestro problema. La ciencia griega, decía, no creó una verdadera tecnología,[3] porque no elaboró física. Pero, una vez más ¿por qué no lo hizo? Según todas las apariencias porque no trató de hacerlo. Y fue, sin duda, porque no creía que fuera factible.

En efecto, hacer física en *nuestro* sentido del término —no en el que Aristóteles le daba a este vocablo— quiere decir aplicar a lo real las nociones rígidas, exactas y precisas de las matemáticas y, en primer lugar, de la geometría. Una empresa paradójica si las hubo, pues la realidad, la de la vida cotidiana, en medio de la que vivimos y estamos, no es matemática. No es ni siquiera matematizable. Es el dominio de lo mutable, de lo impreciso, del «más o menos», del «aproximadamente». Ahora bien, en la práctica, importa muy poco saber si —como nos dice Platón haciendo de las matemáticas la ciencia por excelencia— los objetos de la geometría poseen una realidad más alta que la de los objetos del mundo sensible; o si —como nos enseña Aristóteles para quien las matemáticas no son más que una ciencia secundaria y «abstracta»— no tienen más

3. Ciertamente, en su estudio de las «cinco potencias» (las máquinas simples), la ciencia griega puso las bases de la tecnología. Pero nunca la desarrolló. Así la técnica antigua se quedó en el estadio pretecnológico, precientífico, a pesar de la incorporación de numerosos elementos de la ciencia geométrica y mecánica (estática) en la τέχνη.

que un ser «abstracto» de objetos del pensamiento: en ambos casos entre las matemáticas y la realidad física existe un abismo. De ahí resulta que querer aplicar las matemáticas al estudio de la naturaleza es cometer un error y un contrasentido. En la naturaleza no hay círculos, elipses o líneas rectas. Es ridículo pretender medir con exactitud las dimensiones de un ser natural: el caballo es sin duda mayor que el perro, y menor que el elefante, pero ni el perro, ni el caballo, ni el elefante tienen dimensiones estricta y rígidamente determinadas: en todas partes hay un margen de imprecisión, de «juego», de «más o menos» y de «aproximadamente».[4]

Son ideas (o actitudes) a las que el pensamiento griego permaneció obstinadamente fiel, cualesquiera que fueran las filosofías de las que las deducía. Jamás quiso admitir que la exactitud pueda ser de este mundo, que la materia de este mundo, de nuestro mundo, del mundo sublunar, pueda encarnar los seres matemáticas (a menos que sea forzada a ello por el arte).[5] En

4. Que es así no sólo en el dominio de las ciencias biológicas sino incluso en el de la física fue, como se sabe, la opinión de Leibniz. («Carta a Foucher», hacia 1668, *Philosophische Schriften*, ed. Gerhardt, vol. I, pág. 392: «Considero demostrable que no hay figura exacta en el cuerpo») y más cerca de nosotros, de Émile Boutroux y Pierre Duhem que han insistido en el carácter de aproximación de las leyes estrictas de la mecánica racional. Véase tambien G. Bachelard, *La Formation de l'esprit scientifique*, París, 1927, pág. 216 y sigs. [Hay trad. esp.: *La formación del espíritu científico*, Buenos Aires, Siglo XXI, 1972], y mis *Études Galiléennes*, París, 1939, pág. 272 y sigs. [Hay trad. esp.: *Estudios galileanos*, Madrid, Siglo XXI, 1980].

5. Nada es más preciso que el diseño de la base, o del capitel, o del perfil de una columna griega: nada está más calculado —ni con mayor refinamiento— que sus distancias respectivas. Pero es el arte el que las impone a la naturaleza. Lo mismo sucede en lo que concierne a la determinación de las dimensiones de las ruedas de un engranaje o de los elementos de una balista.

compensación admitía que los movimientos absoluta y perfectamente regulares de las esferas y de los astros fueran conforme a las leyes de la más estricta y de la más rígida geometría. Pero precisamente los cielos son distintos a la Tierra. Y por eso es posible la astronomía matemática, pero no lo es la física matemática. Además la ciencia griega no sólo construyó una cinemática celeste, sino que, además, para hacerlo, observó y midió el cielo con una paciencia y una exactitud sorprendentes, sirviéndose de cálculos e instrumentos de medición que había heredado o que inventó. En compensación jamás trató de matematizar el movimiento terrestre, ni —casi con una sola excepción—[6] de emplear sobre la tierra un instrumento de medición o incluso medir exactamente cualquier cosa que no fueran distancias. Ahora bien, la idea de exactitud toma posesión de este mundo y el mundo de la precisión llega a sustituir al mundo del «aproximadamente» a través del instrumento de medición.

Creo que nada pone de manifiesto de una manera más clara la oposición fundamental entre el mundo celeste y el mundo terrestre —mundo de la precisión y mundo del más o menos— para el pensamiento griego, así como la impotencia de éste de superar esta dualidad radical, que su incapacidad de concebir una medida unitaria de tiempo. Pues si los ὄργανα χρόνου del cielo, si la bóveda celeste mediante sus revoluciones eternamente uniformes crea —o determina— divisiones rigurosamente iguales del tiempo, si por este hecho el día sideral es de una longitud perfectamente cons-

6. Vitruvio nos transmite el dibujo de un teodolito que permite medir los ángulos horizontales y verticales y, por tanto, determinar distancias y alturas. La medida exacta existe igualmente para la pesada de los metales preciosos.

tante, no sucede lo mismo con el tiempo de la tierra, con ese tiempo nuestro. Para nosotros, el día solar se descompone en un día y una noche, de longitud esencialmente variable, día y noche subdivididos en un número igual de horas de longitud igualmente variable, más o menos largas, o más o menos cortas, según la estación. Concepción tan profundamente anclada en la conciencia y la vida griegas que, paradoja suprema, el cuadrante solar, instrumento que transmite a la tierra el mensaje del movimiento de los cielos, es desviado de su función primera y lo vemos forzado a marcar las horas más o menos largas del mundo del aproximadamente.

Ahora bien, si se piensa que la noción de movimientos está inseparablemente ligada a la de tiempo, que la revolución intelectual que dio nacimiento a la ciencia moderna y en la que la precisión del cielo descendió a la tierra se realizó en y por una nueva concepción del movimiento, se comprenderá que la ciencia griega, incluso la de Arquímedes, no haya podido fundar una dinámica; y que la técnica griega no haya podido sobrepasar el nivel de la τέχνη.

La historia de la Edad Media nos ha ofrecido una prueba clamorosa de que el pensamiento técnico del sentido común no depende del pensamiento científico, cuyos elementos sin embargo puede absorber, incorporándolos al sentido común,[7] de que puede desarrollar-

7. El sentido común no es algo absolutamente constante: nosotros no vemos ya la bóveda celeste. Asimismo el pensamiento técnico tradicional, las reglas de los oficios, la τέχνη puede absorber —y lo hace en el curso de su historia— elementos del saber científico. Hay mucha geometría (y un poco de mecánica) en la τέχνη de Vitruvio; hay otro tanto —o casi— en los mecánicos, los constructores, los ingenieros y los arquitectos medievales. Por no hablar de los del Renacimiento.

se, inventar, adaptar a las necesidades nuevas los descubrimientos antiguos, e incluso hacerlos nuevos; que, guiado y estimulado por la experiencia y la acción, los éxitos y los fracasos, puede transformar las reglas de la τέχνη; que puede incluso crear y desarrollar las herramientas y las máquinas; que, con medios a menudo rudimentarios, ayudado por la habilidad de los que los emplean, puede crear obras cuya perfección (sin hablar de la belleza) sobrepasa con mucho los productos de la técnica científica (sobre todo en sus comienzos). En efecto, como nos dijo Lucien Febvre en un trabajo que por más que no lo trate más que de pasada —pero la historia de la técnica está inseparablemente unida a la historia intelectual y no puede ser separada de ella— me parece que es de una importancia capital para la historia de la técnica:[8] «Hoy apenas hablamos, hablamos cada vez menos (ya desde hace algún tiempo) de la Noche de la Edad Media. Tampoco del Renacimiento, que en la actitud del arquero vencedor disipara sus tinieblas por siempre jamás. Porque al haber prevalecido el buen sentido ya no podemos creer de verdad en estas vacaciones totales de las que se nos hablaba antaño: vacaciones de la curiosidad humana, vacaciones del espíritu de observación y, si se quiere, de invención. Porque, finalmente, nos hemos dicho que una época que había tenido arquitectos de la envergadura de los que concibieron y construyeron nuestras grandes basílicas románicas: Cluny, Vézelay, Saint-Sernin, Amiens, Reims, Bourges; y las poderosas fortalezas de los grandes barones: Coucy, Pierrefonds, Château-Gaillard, con todos los problemas de geometría, de mecánica, de transporte, de izamiento, de manutención que suponen

8. L. Febvre, *Le problème de l'incroyance au XVI*[e] *siècle*, 2.ª ed., París, 1946.

semejantes obras, todo el tesoro de experiencias con éxito y de fracasos registrados que este trabajo exige y alimenta a la vez —a una época así era risible negarle, en general e indiscriminadamente, el espíritu de observación y el espíritu de innovación. Visto de cerca, los hombres que inventaron o reinventaron o adoptaron e implantaron en nuestra civilización de Occidente el enganche de los caballos por el pecho, el herraje, el estribo, el botón, el molino de agua y de viento, el cepillo, el torno, la brújula, la pólvora de cañón, el papel, la imprenta, etc. —estos hombres se han hecho dignos del espíritu de invención y de la humanidad».

Ahora bien, los hombres de los siglos XV y XVI, que inventaron el *foliot* y la rueda de escape, que perfeccionaron las artes del fuego —y las armas de fuego—, que provocaron enormes y rápidos progresos a la metalurgia y a la construcción naval, que descubrieron el carbón y sometieron el agua a las necesidades de su industria, no fueron, ni que decir tiene, inferiores a sus predecesores. El espectáculo de este progreso, de esta acumulación de invenciones, de descubrimientos (y, por tanto, de un cierto saber) nos explica —y, parcialmente, justifica— la actitud de Bacon y de sus sucesores que oponen la fecundidad de la inteligencia práctica a la esterilidad de la especulación téorica. Estos progresos, sobre todo los que se hicieron en la construcción de máquinas, son los que, tal como se sabe, sirven de fundamento al optimismo tecnológico de Descartes; más aún, sirven de fundamento a su concepción del mundo, a su doctrina del mecanismo universal.

Pero mientras que Bacon concluye de ahí que la inteligencia debe limitarse al registro, a la clasificación y a poner en orden los hechos del sentido común, y que la ciencia (Bacon jamás comprendió nada de la cien-

cia)[9] no es, o no debe ser, más que un resumen, generalización o prolongación del saber adquirido en la práctica, Descartes, por su parte, saca una conclusión exactamente opuesta, a saber la de la posibilidad de hacer penetrar la teoría en la acción, es decir, la posibilidad de la *conversión* de la inteligencia teórica en lo real, la posibilidad a la vez de una *tecnología* y de una *física*. Posibilidad que encuentra su expresión y su garantía en el hecho mismo de que el acto de la inteligencia que, descomponiendo y recomponiendo una máquina, *comprende* su disposición, así como la estructura y el funcionamiento de sus múltiples engranajes, es exactamente análogo a aquél por el cual descomponiendo una ecuación en sus factores, comprende su estructura y su composición. Ahora bien, Descartes espera los progresos que harán al hombre «dueño y señor de la naturaleza» no del desarrollo espontáneo de las artes industriales por parte de los que las practican, sino de la conversión de la teoría en la práctica.

Por mi parte creo que la historia, o mejor la prehistoria, de la revolución técnica de los siglos XVII y XVIII confirma la concepción cartesiana: la máquina eotécnica[10] se transformó en la máquina moderna (paleotécnica) a consecuencia de la conversión de la ἐπιστήμη en τέχνη; pues es esta conversión, dicho en otros términos, es la teconología naciente la que dio a la segunda lo que forma su carácter propio y la distingue radicalmente de la primera, y eso no es otra cosa que la *precisión*.

9. Recordemos lo que William Gilbert dijo de él: *He writes philosophy like a Lord Chancelor.*

10. Empleo la terminología, extremadamente sugestiva, de M. Lewis Mumford. *Technics and Civilisation*, 4.ª ed., Nueva York, 1946. [Hay trad. esp. de Constantino Aznar de Acevedo, *Técnica y civilización*, Madrid, Alianza Univ., 1971.]

En efecto, cuando se estudia los libros de máquinas de los siglos XVI y XVII,[11] cuando se hace el análisis de las máquinas (reales o simplemente proyectadas) de las que nos ofrecen descripciones y dibujos, nos vemos sorprendidos por el carácter aproximativo de su estructura, de su funcionamiento, de su concepción. A menudo son descritas con sus dimensiones (reales) exactamente medidas. Pero, sin embargo, nunca son «calculadas». Además la diferencia entre las irrealizables y las realizadas no consiste en el hecho de que las primeras hayan sido «mal calculadas» mientras que las segundas lo hayan sido «bien». Pues ni las unas ni las otras lo han sido. Todas —a excepción, quizás, de los aparatos de izamiento y de algunos otros, como el molino, que empleaban acoplamientos de ruedas de engranajes para la transmisión de la fuerza motriz, medios que, positivamente *invitan* al cálculo— fueron concebidas y ejecutadas «a ojo de buen cubero», «mediante estimación». Todas pertenecen al mundo del «aproximadamente». También se debe a eso el que solamente las operaciones más groseras de la industria tales como bombear el agua, moler el trigo, abatanar la lana, accionar los fuelles de las fraguas pueden ser confiadas a las máquinas. Las operaciones más finas no las ejecuta más que la mano del hombre. Y con la fuerza del hombre.

He dicho que las máquinas eotécnicas no eran «calculadas». Pero, ¿cómo podían serlo? No olvidemos o, mejor, démonos cuenta de que el hombre del Renacimiento, el hombre de la Edad Media (y sucede lo mismo con el hombre antiguo) no sabía calcular y no esta-

11. Se hallará un resumen muy bien hecho de esta literatura en la obra de T. Beck, *Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaus*, Berlín, 1900.

ba acostumbrado a hacerlo. No tenía los medios para ello. Sin duda sabía[12] bastante bien, puesto que la ciencia antigua había elaborado y desarrollado los métodos y los medios apropiados, hacer cálculos astronómicos; pero no sabía[13] —puesto que la ciencia antigua se había preocupado poco o nada de ello— hacer cálculos numéricos.[14] Como nos recuerda L. Febvre, no disponía «de lenguaje algebraico. Ni tampoco de lenguaje aritmético cómodo, regular y moderno. El uso de las cifras que nosotros llamamos árabes porque son indias, el uso de las cifras *Gobar*, que vinieron de España o de Barbaria a Europa occidental, estaba lejos de ser general aunque los comerciantes italianos las conocieran desde el siglo XIII y XIV. Si se expandió rápidamente el hábito de utilizar estos símbolos cómodos en los calendarios para eclesiásticos y en los almanaques para astrólogos y médicos, en la vida cotidiana se enfrentó a una viva resistencia de las cifras romanas minúsculas ligeramente modificadas que se llamaban cifras de finanzas. Aparecían agrupados en categorías separadas por puntos: decenas o veintenas coronadas por dos X, centenas coronadas por una C y millares por una M: todo tan mal hecho que no permitía proceder a una operación aritmética cualquiera, por elemental que fuera».

«Nada tampoco de operaciones escritas, esas operaciones que a nosotros nos parecen tan cómodas y tan

12. Los astrónomos sabían.
13. El común de los mortales. Incluso los instruidos.
14. La ciencia griega no desarrolló la «logística». Lo que, sin duda, no impidió a Arquímedes calcular el número π con una aproximación de una precisión asombrosa. Ni a otros matemáticos hacer cálculos casi igualmente sorprendentes. Pero eran matemáticos. Y esos cálculos tenían un valor científico. Para los usos de la vida se era menos exigente: se calculaba con fichas.

simples y que a los hombres del siglo XVI le parecían aun monstruosamente difíciles y aptas sólo para la élite matemática. Antes de sonreír, recordemos que Pascal, en 1645... insistía en la dedicatoria de su máquina de calcular al canciller Seguier, en la extrema dificultad de las operaciones escritas. No sólo obligan en todo momento "a recordar o tomar prestadas las sumas necesarias", de ahí innumerables errores... sino que además exigían del desdichado calculador "una concentración profunda y que fatiga la mente en poco tiempo". De hecho, en tiempos de Rabelais, se contaba ante todo, y casi exclusivamente, con la ayuda de esos escaques que en Inglaterra han dejado su nombre a los ministros de Economía, y con esas fichas que el Antiguo Régimen manejará, con mayor o menor rapidez, hasta su ocaso.»

Los cálculos son difíciles, ciertamente. Tanto que nadie los hace. O, al menos, hace los menos posibles. Se equivoca uno las más de las veces. Y no importa demasiado. Un poco más, un poco menos... ¿qué importancia puede tener? Generalmente ninguna, no hay duda. Entre la mentalidad del hombre de la Edad Media (y, en general, del hombre del «aproximadamente») y la nuestra hay una diferencia fundamental. Citemos a L. Febvre una vez más: el hombre que no calcula, que «vive en un mundo en el que las matemáticas son aún elementales, no tiene la mente formada de la misma manera que el hombre, incluso incapaz por sí mismo o despreocupado de resolver una ecuación o de hacer un problema más o menos complicado, pero que vive en una sociedad plegada en su conjunto al rigor de los modos matemáticos de razonamiento, a la precisión de los modos de cálculo, a la rectitud elegante de las maneras de demostrar».

«Toda nuestra vida moderna está como impregna-

da de matemáticas. Los actos cotidianos y las construcciones de los hombres lo delatan —y no hay nada, ni siquiera nuestros goces artísticos y nuestra vida moral, que no sufra esta influencia.» Ningún hombre del siglo XVI habría podido suscribir estas constataciones de Paul Montel. A nosotros, no nos asombran. A aquél le habrían dejado (con razón) totalmente incrédulo.

Cosa curiosa: dos mil años antes Pitágoras había proclamado que el número es la esencia misma de las cosas; y la Biblia había enseñado que Dios había fundado el mundo en «el número, el peso y la medida». Todo el mundo lo respetó, pero nadie lo creyó. Al menos, hasta Galileo nadie lo tomó en serio. Nadie jamás trató de determinar esos números, esos pesos y esas medidas. A nadie se le ocurrió contar, pesar y medir. O, más exactamente, nadie trató jamás de ir más allá del uso práctico del número, del peso, de la medida en la imprecisión de la vida cotidiana —contar los meses o las bestias, medir las distancias y los campos, pesar el oro y el trigo— para hacer de ello un elemento del saber preciso.

Creo que ni siquiera basta decir, con L. Febvre, que para hacer esto el hombre de la Edad Media y del Renacimiento carecía del utillaje material y mental. Es cierto, sin duda, y de una importancia capital, que «el uso de los instrumentos hoy más usuales, los más familiares a todo el mundo y, además, los más simples, le resultaría totalmente desconocido. Para observar, nada mejor que los dos ojos —ayudados a lo sumo, si era necesario, por anteojos necesariamente rudimentarios: seguramente ni el estado de la óptica, ni el de la vidriería posibilitaban otros. Nada de lentes, fueran de vidrio o de cristal tallado y adecuadas para agrandar los objetos muy lejanos, como los astros, o muy pequeños como los insectos o los gérmenes». Es igualmen-

te cierto que no son sólo los instrumentos de medición los que faltan, sino el lenguaje que habría podido servir para expresar los resultados: «Ni nomenclatura clara y bien definida, ni patrones de una exactitud garantizada, adoptados por todos con un consentimiento gozoso. Existe una multitud incoherente de sistemas de medida variables de ciudad en ciudad, de un pueblo a otro, trátese de longitud, de peso o de volumen. En cuanto a registrar temperaturas, imposible. El termómetro no había nacido. Aún tardaría mucho en nacer».

Se puede preguntar si esa doble carencia no se explica también por la mentalidad característica, por la estructura general del «mundo del aproximadamente». Ahora bien, me parece que, a este respecto, el caso de la alquimia nos proporciona una respuesta decisiva. En efecto, a lo largo de su existencia milenaria, fue la única entre las ciencias de las cosas terrestres que logró constituir un vocabulario, una notación e incluso un utillaje cuya herencia recibió y conservó nuestra química. Acumuló observaciones preciosas, llevó a cabo miles de experiencias, incluso hizo descubrimientos importantes. Nunca consiguió una experiencia precisa, porque nunca lo intentó. Las descripciones de las operaciones alquimistas no tienen nada de común con las fórmulas de nuestros laboratorios: son recetas de cocina, igualmente imprecisas, igualmente aproximativas, tan cualitativas como éstas. Y lo que detiene la alquimia no es la imposibilidad material de hacer las mediciones; no las utiliza ni siquiera cuando las tiene a mano. No es el termómetro lo que le falta, es la idea de que el calor sea susceptible de una medición exacta. Por eso se conforma con términos del sentido común: fuego vivo, fuego lento, etc., y no se sirve, o casi no lo hace, de la balanza. Y sin embargo la balanza existe; es incluso —la de los orfebres y joyeros— relativamente pre-

cisa. Ésa es precisamente la razón por la que el alquimista no la utiliza. Si la usara, sería un químico. Más aún: para que tuviera la idea de usarla, habría sido necesario que *ya* lo fuera.

Ahora bien, creo que sucede más o menos lo mismo en lo que concierne a los instrumentos ópticos. Y a todos los demás. Por eso, estando totalmente de acuerdo con L. Febvre sobre la *importancia* de su ausencia, no estoy enteramente satisfecho con la explicación que da de ésta.

En efecto, como nos recuerda el mismo L. Febvre, los anteojos se usan desde el siglo XIII, quizás incluso desde el siglo XII. La lupa, o el espejo cóncavo, sin duda fueron conocidos desde la Antigüedad. Así pues, ¿cómo es que durante cuatro siglos —el telescopio es de principios del XVII— a nadie, ni entre los que los hacían, ni entre los que los usaban, se le ocurrió tratar de tallar, o de hacer tallar, una lente un poco más ancha, de una curvatura de superficie un poco más pronunciada —y llegar así al microscopio simple que no apareció más que a principios del siglo XVII, o a finales del XVI? No se puede, creo, invocar el estado de la vidriería. Sin duda no era excelente, y los vidrieros del siglo XIII, e incluso del XIV, hubiesen sido totalmente incapaces de fabricar un telescopio (mucho más tarde, durante toda la primera mitad del siglo XVII, los vidrieros italianos son los únicos que pueden o saben tallar las lentes astronómicas,[15] y sólo en la segunda mitad son alcanzados, y a veces sobrepasados, por los holandeses y los alemanes)— pero el caso es muy distinto para el microscopio simple que no es otra cosa que una perla de vidrio bien pulida. Un obrero capaz de tallar los vidrios de anteojos es *ipso facto* capaz de hacer uno. Insista-

15. Galileo es quien les ha enseñado a hacerlo.

mos una vez más, no es la insuficiencia técnica, es la ausencia de la idea la que nos da la explicación.[16]

La ausencia de la idea no quiere decir tampoco insuficiencia científica. Sin duda la óptica medieval (como la óptica griega) —aunque Al-Hazen y Witello le hubieran hecho hacer progresos no despreciables— conociendo *el hecho* de la refracción de la luz, ignoraba sus leyes: la óptica física no nace realmente más que con Kepler y Descartes. Pero, a decir verdad, Galileo no sabía mucho más que Witello; suficiente en todo caso para que, habiendo concebido la idea, haya sido capaz de realizarla.

Por lo demás, nada más simple que un telescopio, o al menos que un catalejo.[17] Para hacerlos no se precisa la ciencia, ni lentes especiales, y por tanto de técnica desarrollada: dos vidrios de anteojos, situados uno tras del otro: he aquí un catalejo. Ahora bien, por asombroso, inverosímil incluso, que pueda parecer, durante cuatro siglos, nadie tuvo la idea de ver que pasaba si, en lugar de servirse de un par de anteojos, se utilizaban dos simultáneamente.

El caso es que el fabricante de anteojos no era de ningún modo un *óptico*: era un artesano. Y no hacía un instrumento óptico: hacía una *herramienta*. Por eso los hacía según las reglas tradicionales del oficio y no buscaba otra cosa. Hay una verdad muy profunda en la tradición —quizá legendaria— que atribuye la invención del primer catalejo al *azar*, al *juego* del hijo de un fabricante de anteojos holandés.

16. No se mira hasta que no se sabe que hay algo que ver, y sobre todo en tanto que se sabe que no hay nada que ver. La innovación de Leeuwenhoek consiste principalmente en su decisión de mirar.

17. El catalejo no es un telescopio: haber transformado el primero en el segundo es precisamente el mérito de Galileo.

Ahora bien, para el hombre que los utilizaba, los anteojos tampoco eran un *instrumento óptico*. Eran también una herramienta. Una herramienta, es decir algo que, como ya lo había visto el pensamiento antiguo, prolonga y refuerza la acción de nuestros miembros, de nuestros órganos de los sentidos, algo que pertenece al mundo del sentido común. Y que nunca puede hacer que lo sobrepasemos. Lo que, en compensación, es la función propia del instrumento que, efectivamente no es una prolongación del sentido sino encarnación del espíritu, materialización del pensamiento, en la aceptación más fuerte y más literal del término.

Nada nos revela mejor esta diferencia fundamental que la historia de la construcción del telescopio por Galileo. Mientras que los Lippertshey y los Janssen, habiendo descubierto por una feliz casualidad la combinación de vidrios que forma el catalejo, se limitan a aportar los perfeccionamientos indispensables y, en cierto sentido, inevitables (tubo, ocular móvil) a sus anteojos reforzados, Galileo, desde que recibe la noticia del anteojo de aproximación holandés, se dedica a elaborar la teoría de ésta. Y es a partir de esta teoría, insuficiente, sin duda, pero *teoría* a pesar de todo que, llevando más y más lejos la precisión y la potencia de sus vidrios, construye la serie de sus *perspicillos* que revelan a sus ojos la inmensidad del cielo.

Los fabricantes de anteojos holandeses no hicieron nada semejante, precisamente porque no tenían la idea de instrumento que inspiraba y guiaba a Galileo. Por eso, la meta buscada —y alcanzada— por uno y otros era enteramente diferente. El anteojo holandés es un aparato en sentido práctico: nos permite ver, a una distancia que supera la de la visión humana, lo que le es accesible a una distancia menor. No va, ni quiere ir más allá —y no es casual que ni los inventores ni los usua-

rios del anteojo holandés se sirvieran de él para mirar el cielo. Por el contrario, Galileo construyó sus instrumentos, el telescopio, y después el microscopio, por necesidades puramente teóricas, para alcanzar *lo que no cae bajo nuestros sentidos*, para ver lo que nadie vio jamás. La utilidad práctica de los aparatos que maravillan a los burgueses y a los patricios de Venecia y de Roma no es para él más que un subproducto. Ahora bien, la búsqueda de esta meta puramente teórica produce de carambola resultados cuya importancia para el nacimiento de la técnica moderna, técnica de precisión, es decisiva. Pues, para hacer los aparatos ópticos es necesario no sólo mejorar la calidad de los vidrios que se emplea y determinar —es decir *medir* primero y *calcular* a continuación— sus ángulos de refracción, además hay que mejorar su talla, es decir saber darles una forma precisa, una *forma* geométrica exactamente definida; y para hacer esto, es preciso construir máquinas más y más *precisas*, máquinas matemáticas que, tanto como los propios instrumentos, presuponen la sustitución, en la mente de sus inventores, del mundo del aproximadamente por el universo de la precisión.[18] De ahí que no sea casual que el primer instrumento óptico haya sido inventado por Galileo y la primera máquina moderna —una máquina de tallar vidrios parabólicos— por Descartes.

Ahora bien, si se efectúa la penetración y se establece la intercomunicación entre los dos mundos —el

18. El progreso técnico y tecnológico que precedió la revolución industrial, y que es el único que hizo posible, tuvo lugar merced a la invención de instrumentos científicos —y su fabricación. Sobre la fabricación de los instrumentos científicos, véase M. Daumas, *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles*, París, 1953.

mundo de la precisión astral y el mundo del aproximadamente de aquí abajo— por la invención del instrumento óptico, si por este canal se opera la fusión de física celeste y física terrestre, la noción de precisión llega a introducirse en la vida cotidiana, a incorporarse en las relaciones sociales, a transformar, o al menos a modificar, la estructura del propio sentido común, mediante otro rodeo: me refiero al *cronómetro*, al *instrumento de medir el tiempo.*

Los aparatos de medir el tiëmpo aparecen muy tarde en la historia humana.[19] Y se comprende. Porque, a diferencia del espacio que, aun siendo esencialmente mensurable, siendo quizá la esencia misma de lo mensurable, no se nos ofrece más que como algo a *medir*, el tiempo, aun siendo esencialmente no mensurable, nunca se nos presenta más que como *ya* provisto de una medida natural, *ya* dividido en rebanadas por la sucesión de las estaciones y de los días, por el movimiento —y los movimientos— del reloj celeste que la naturaleza previsora ha tenido cuidado de poner a nuestra disposición. Rebanadas un poco gruesas, no hay duda. Y bastante mal definidas, imprecisas, de longitud desigual. Pero, ¿qué importancia puede tener en el marco de la vida primitiva, de la vida nómada, o incluso de la vida agrícola? La vida se desarrolla entre la salida y la puesta del sol con el mediodía como punto divisorio. Un cuarto de hora, o incluso una hora, de más o de menos no cambian nada. Sólo una civilización urbana, evolucionada y compleja por necesidades precisas de su vida pública y religiosa puede experimentar la necesidad de saber la hora, de medir un intervalo de tiempo. Sólo aquí aparecen los relojes. Ahora bien, incluso entonces, tanto en Grecia como en Roma, la vida coti-

19. Willis Milham, *Time and timekeepers*, Nueva York, 1945.

diana escapa a la precisión —muy relativa, por otra parte— de los relojes. La vida cotidiana se mueve en el aproximadamente del tiempo vivido.

Lo mismo sucede a lo largo de la Edad Media e incluso más tarde. Sin duda la sociedad medieval tiene, sobre la antigua, la ventaja insigne de haber abandonado la hora variable y haberla reemplazado por una hora de valor constante. Pero no experimenta una gran necesidad de conocer esta hora. La Edad Media perpetúa, como bien ha señalado L. Febvre, «las costumbres de una sociedad de campesinos, que aceptan no saber jamás la hora exacta, si no es cuando suena la campana (suponiéndola bien regulada) y que para el resto se remiten a las plantas, a las bestias, al vuelo de tal pájaro y al canto de tal otro». «Hacia el amanecer», o bien «hacia el anochecer».

La vida cotidiana está dominada por los fenómenos naturales, por la salida y la puesta del sol —uno se levanta pronto y no se acuesta tarde—[20] y la jornada se acompasa más que se mide por el repique de campanas que anuncia «las horas» —las horas de los servicios religiosos mucho más que las del reloj.

Algunos historiadores, y no de los menores, han insistido, además, en la importancia de esta sucesión regulada de los actos y de las ceremonias de la vida religiosa que, sobre todo en los conventos, sometía la vida al ritmo rígido del culto católico; ritmo que apelaba, e incluso exigía, la división del tiempo en intervalos estrictamente determinados y que, por tanto, implicaba su medición. Los relojes habrían nacido y se habrían propagado en los monasterios por las necesidades del culto y serían los hábitos de la vida monástica, el hábito de ajustarse a *la hora*, los que difundiéndose alrede-

20. No sabían iluminarse.

dor del recinto conventual, habrían impregnado y conformado la vida cotidiana haciéndola pasar del plano del tiempo vivido al del tiempo medido.

Hay verdad, sin duda, e incluso mucho de verdad, en la concepción que acabo de exponer, y en la famosa *boutade* del abate de Théléme: «las horas están hechas para el hombre y no el hombre para las horas» que muy oportunamente cita L. Febvre, en la cual sentimos soplar el viento de revuelta del hombre natural contra la imposición del orden y la esclavitud de la regla. Y, sin embargo, no nos equivoquemos: el orden y el ritmo, no son aún la medida, el tiempo acompasado no es el tiempo medido. Seguimos en el aproximadamente, el más o menos: estamos en camino, pero sólo en camino, del universo de la precisión.

En efecto, los relojes medievales, los relojes de pesa cuya invención constituye una de las grandes glorias del pensamiento técnico de la Edad Media, eran todo menos precisos, menos precisos en todo caso que los relojes de agua de la Antigüedad, al menos en la época imperial. Eran —y está claro que eso se aplica a los relojes de los conventos mucho más aún que a los de las ciudades— «máquinas robustas y rudimentarias a las que había que dar cuerda varias veces cada veinticuatro horas» y que había que cuidar y supervisar constantemente. No indicaban jamás las subdivisiones de la hora, e incluso indicaban las horas con un margen de error que los hacía de una utilidad prácticamente nula incluso para las gentes de la época, a pesar de lo poco exigentes que eran en esta materia. Por eso no habían sustituido en absoluto a los aparatos más antiguos. «En muchos casos los serenos sólo conocían, aproximadamente, [las horas] gracias a las clepsidras de agua o de arena que ellos mismos estaban encargados de invertir. Gritaban desde lo alto de las torres las indica-

ciones que éstas les proporcionaban y los miembros de la ronda las repetían por las calles.»

Ahora bien, si los relojes públicos del siglo XV y del XVI, relojes astronómicos y relojes de autómatas, que nos describe Willis Milham, seguramente son todo menos simples; si, al mismo tiempo, gracias al empleo del *foliot* y la rueda de escape son sensiblemente más precisos que las máquinas antiguas de movimiento continuo, en compensación son extremadamente raros, porque, gracias a su propia complicación, no sólo son extremadamente difíciles (y lentos) de construir, sino además extremadamente caros. Tan caros que sólo pueden permitirse el lujo las grandes ciudades muy ricas, como Brujas, Estrasburgo, o el emperador de Alemania o los reyes de Inglaterra y de Francia, que los proporcionan a sus capitales. Y pasa más o menos lo mismo en lo que concierne a los relojes domésticos de la época: relojes de pared con pesas *(lanternes)*, simples reducciones, bastante groseras en cuanto a su mecanismo, de los grandes relojes públicos, relojes portátiles de resorte inventados a principios del siglo XVI por Pierre Henlein, de Nuremberg (relojes de mesa y relojes de bolsillo). Siguen siendo objetos de lujo —incluso de grandísimo lujo— y no de utilidad práctica. Los pequeños relojes son, en efecto, muy poco precisos; mucho menos precisos aún, nos dice W. Milham, que los grandes.[21] En compensación, son muy bonitos, muy caros y muy raros. Como dice L. Febvre: «En cuanto a los par-

21. En cuanto a los relojes portátiles, relojes de viaje, relojes de bolsillo, no sólo no son precisos, sino que además, como nos dice Jerónimo Cardano en un texto que parece haber escapado a los historiadores de la relojería y sobre el que llamo la atención, pasan más tiempo en el relojero que con su propietario. Véase Jerónimo Cardano. *De rerum varietate.* I. IX, cap. XLVII, pág. 185 y sigs., París, 1663.

ticulares, ¿cuántos poseían un reloj de bolsillo en tiempos de Pantagruel?». Su número era ínfimo, exceptuando reyes y príncipes. Los que poseían, con el nombre de reloj, una de esas clepsidras, de agua más que de arena, de las que Joseph Scaliger hace un pomposo elogio en la segunda *Scaligeriana: horologia sunt valde recentia et praeclarum inventum*, estaban orgullosos y se consideraban privilegiados.» No resulta asombroso, pues, que el tiempo del siglo XVI, al menos en su primera mitad, siga siendo aún el tiempo vivido, el tiempo del aproximadamente y que, en lo que concierne a este tiempo —y todo lo demás— en la mentalidad de los hombres de esta época, «reina en todas partes la fantasía, la imprecisión, la inexactitud. Se da el caso de hombres que no saben siquiera su edad exactamente: son innumerables los personajes históricos de este tiempo que nos dejan elegir entre tres o cuatro fechas de nacimiento, a veces separadas por varios años», el caso de hombres que no conocen ni el valor ni la medida del tiempo.

He dicho: al menos en la primera mitad del siglo XVI. Porque, en la segunda, la situación se modifica sustancialmente. Sin duda la imprecisión y el aproximadamente reinan aún. Pero, paralelamente al crecimiento de las ciudades y de la riqueza urbana o, si se quiere, paralelamente a la victoria de la ciudad y de la vida urbana sobre el campo y la vida rural, el uso de los relojes se extiende más y más. Siempre son muy bellos, muy trabajados, muy cincelados, muy caros. Pero ya no son muy raros o, más exactamente, lo van siendo cada vez menos. En el siglo XVII no lo serán en absoluto.

Además, el reloj evoluciona, mejora, se transforma. La maravillosa habilidad e ingeniosidad no menos sorprendente de los relojeros (en adelante constituidos en una corporación independiente y poderosa), la sustitución del *foliot* por la rueda reguladora, la invención del

stackfreed y del husillo que igualan y uniforman la acción del resorte, hacen de un puro objeto de lujo un objeto de utilidad práctica capaz de indicar las horas de una manera casi precisa.

Sin embargo, el reloj de precisión no sale del reloj de los relojeros. Este último nunca sobrepasó el estadio del «casi» y el nivel del «aproximadamente». El reloj de precisión, el reloj cronométrico, tiene un origen muy diferente. No es de ningún modo una promoción del reloj de uso práctico. Es un *instrumento*, es decir una creación del pensamiento *científico* o, mejor aún, una realización consciente de una teoría. Es cierto que, una vez realizado, un objeto teórico puede convertirse en un objeto práctico, en objeto de uso corriente y cotidiano. Es cierto también que las consideraciones prácticas —así en el caso que nos ocupa, el problema de la determinación de las longitudes cuya solución, con la extensión de la navegación oceánica, se hacía más y más urgente— pueden inspirar el pensamiento teórico. Pero lo que determina la naturaleza de una cosa no es su utilización: es su estructura. Un cronómetro sigue siendo un *cronómetro* incluso si quienes lo usan son marinos. Y eso explica el porqué no es a los relojeros sino a los científicos, no a Jost Burgi y a Isaak Thuret sino a Galileo y a Huygens (a Robert Hooke también) a quienes se remontan las grandes invenciones decisivas y a quienes debemos el reloj de péndolo y el reloj de regulador espiral. Como muy bien dice el señor Jacquerod en su prefacio al excelente trabajo que el señor Défossez[22] ha consagrado recientemente a la historia de la cronología (trabajo cuyo mérito consiste en volver a situar la historia de la cronología en la historia

22. L. Défossez, *Les savants du XVII siècle et la mesure du temps*, Lausana, 1946.

general del pensamiento científico y que lleva el significativo título: *Los científicos* [y no: *Los relojeros*] *del siglo XVII y la medición del tiempo*): «Quizá los técnicos se sorprendan, incluso queden decepcionados, al comprobar el escaso papel representado en esta historia por los relojeros prácticos comparado con la importancia inmensa de las investigaciones de los científicos. Sin duda las realizaciones son en general obra de relojeros; pero las ideas, las invenciones germinan más a menudo en el cerebro de los hombres de ciencia y muchos de entre ellos no temen poner manos a la obra y construir ellos mismos los aparatos, los dispositivos que han imaginado». Este hecho, que puede parecer paradójico, es explicado por el señor Jacquerod y, quede claro, por el señor Défossez, «por una razón muy precisa, y en cierto sentido doble, que hace comprender a la vez por qué a veces la situación se invirtió en los siglos siguientes:

«En primer lugar esta razón consiste en que mucho más que para las necesidades diarias y las relaciones sociales, la medición exacta del tiempo es una necesidad capital para la ciencia, para la astronomía y la física especialmente. Si a principios del siglo XVII los cuadrantes solares y los relojes de *foliot* eran más que suficientes para el gran público, ya no era así para los científicos.» Necesitaban descubrir una medida exacta. Ahora bien, «para este descubrimiento los procedimientos empíricos eran impotentes, y sólo los teóricos, precisamente los que en esta época elaboraban las teorías y establecían las leyes de la mecánica racional, estaban en condiciones de hacerlo. Además los físicos, mecánicos, astrónomos, y sobre todo los más grandes de entre ellos, se preocuparon del problema a resolver por la sencilla razón de que eran los primeros interesados en ello».

«El otro aspecto de la cuestión, de mayor importancia aún, debe buscarse en las necesidades de la navegación... En el mar, especialmente, la determinación de las coordenadas geográficas, la determinación del "punto" es fundamental y sin ella no puede emprenderse ningún viaje lejos de las costas con cierta seguridad. Si la determinación de la latitud es fácil mediante la observación del sol o de la Polar, la de la longitud es mucho más difícil»... Ésta «exige el conocimiento de la hora de un meridiano de origen. Esta hora hay que llevarla consigo, hay que conservarla cuidadosamente. Hay que poseer, pues, un "guarda-tiempo", del que uno pueda fiarse». «Los dos problemas, el de la medición y el de la conservación del tiempo, están natural e íntimamente ligados. El primero fue resuelto por Galileo y Huygens, utilizando el péndulo. El segundo, considerablemente más difícil... recibió una solución perfecta —en principio al menos— con la invención debida a Huygens del sistema regulador-espiral.»

«Durante los dos siglos siguientes ya no se trató más que de perfeccionamientos de detalle... pero no ya de descubrimientos fundamentales... Y se entiende que entonces la parte de los técnicos se haya hecho preponderante.»

Estoy aproximadamente de acuerdo con los señores Jacquerod y Défossez en cuanto a la explicación del papel desempeñado por la ciencia teórica en la invención del cronómetro, y por eso los he citado tan largamente; por eso y también porque es bastante raro encontrar un físico y un técnico —el señor Défossez es un técnico de relojería— no infectado por el virus de la epistemología empirista y positivista que ha causado, y causa aún, tantos estragos entre los historiadores del pensamiento científico. Sin embargo, no estoy *enteramente* de acuerdo con ellos. En particular, yo no creo

en el papel preponderante del problema de las longitudes; creo que Huygens habría emprendido y proseguido sus investigaciones sobre el movimiento pendular y el movimiento circular, el isocronismo y la fuerza centrífuga, incluso si no hubiera sido estimulado por la esperanza de ganar 10.000 libras (que por lo demás no ganó), simplemente porque eran los problemas que se imponían a la ciencia de su tiempo.

Pues si se piensa que, para determinar el valor de la aceleración, Galileo, durante sus famosas experiencias de cuerpos rotando sobre un plano inclinado, se había visto obligado a emplear una clepsidra de agua, clepsidra mucho más primitiva en su estructura que la de Ctesibio (también había obtenido cifras completamente falsas) y que Riccioli, en 1647, para estudiar la aceleración de los cuerpos en caída libre se había visto obligado a montar un *reloj humano*,[23] se comprenderá la impropiedad de los relojes usuales para el uso científico y la urgencia absoluta para la mecánica física de descubrir un medio de medir el tiempo. Por eso es totalmente comprensible que Galileo se haya preocupado de la cuestión: ¿para qué, en efecto, poseer fórmulas que permiten determinar la velocidad de un cuerpo en cada instante de su caída en función de la aceleración y del tiempo transcurrido si no se puede medir ni la primera ni la segunda?

Ahora bien, para medir el tiempo —puesto que no se puede hacer directamente— es indispensable hacer uso de un fenómeno que lo encarne de una manera apro-

23. Véanse mis artículos «Galilée et l'expérience de Pise», *Annales de L'Université de Paris*, 1963, y «An Experiment in measurement», *American Philosophical Society, Proceedings*, 1952. [Hoy se encuentran ambos en A. Koyré, *Estudios de historia del pensamiento científico*, Madrid, Siglo XXI, 1977.]

piada: lo que quiere decir o de un proceso que se desarrolla de una manera uniforme (velocidad constante) o de un fenómeno que, aun no siendo uniforme en sí mismo, se reproduzca periódicamente en su identidad (repetición isócrona). Ctesibio se inclinó por la primera solución, manteniendo *constante* el nivel del agua en uno de los recipientes de su clepsidra, de ahí que por eso fluyera en el otro con una velocidad constante. Galileo (y Huygens) se inclinó por la segunda, descubriendo en las oscilaciones del péndulo un fenómeno que se reproduce eternamente.

Pero está claro —o al menos debería estar claro— que un descubrimiento así no puede ser el fruto de la empiria. Está claro que ni Ctesibio ni Galileo —que los historiadores de las ciencias alinean sin embargo entre los empiristas, alabándolos por haber establecido mediante experiencias algo que *no podía ser establecido* por éstas— pudieron establecer ni la constante del caudal ni el isocronismo de la oscilación mediante mediciones empíricas. Aunque sólo fuera por la sencilla razón —pero enteramente suficiente— de que les faltaba precisamente aquello con lo que hubieran podido medirlos; dicho de otro modo, el instrumento de medición que la constante del flujo o el isocronismo del péndulo iban precisamente a realizar.

Galileo no descubrió el isocronismo del péndulo mirando balancearse la gran lámpara de la catedral de Pisa, aunque no fuera más que porque esa lámpara no fue instalada sino después de su partida de su ciudad natal, por más que sea posible que fuera un espectáculo similar el que lo haya incitado a meditar sobre esta estructura propia del vaivén: las leyendas contienen casi siempre un elemento de verdad. Fue estudiando matemáticamente, a partir de las leyes del movimiento acelerado que había establecido por una deducción racio-

nal, la caída de los cuerpos graves a lo largo de las cuerdas de un círculo colocado verticalmente. Ahora bien, sólo entonces, es decir *después* de la deducción teórica, pudo pensar en una verificación experimental (cuya meta no era de ningún modo confirmarla, sino descubrir cómo se realiza esta caída *in rerum natura*, es decir cómo se comportan los péndulos reales y materiales que oscilan no en el espacio puro de la física, sino sobre la tierra y en el aire) y, habiendo hecho con éxito la experiencia, tratar de construir el instrumento que permitiría utilizar en la práctica la propiedad mecánica del movimiento pendular.

Y Huygens descubrió el error de la extrapolación galileana y demostró que el isocronismo se realiza no sobre el círculo sino sobre la cicloide, exactamente de la misma manera, es decir mediante un estudio puramente teórico. Fueron consideraciones puramente geométricas las que le permitieron hallar el medio de realizar —en teoría— el movimiento cicloidal. Y en este momento se le plantea —exactamente como se le había planteado a Galileo— el problema técnico, o más concretamente *tecnológico* de la realización efectiva, es decir de la ejecución material, del modelo que había concebido. Tampoco resulta sorprendente que —como Galileo antes o Newton después de él— tuviera necesidad de «poner manos a la obra». Se trataba precisamente de enseñar a hacer a los técnicos algo que no habían hecho jamás, y de inculcar al oficio, al arte, a la τέχνη reglas nuevas, las reglas de la precisión de la ἐπιστήμη.

La historia de la cronología nos ofrece un ejemplo impresionante, quizás el más impresionante de todos, del nacimiento del pensamiento tecnológico que progresivamente penetra y transforma el pensamiento técnico mismo —y la realidad— que lo eleva a un nivel superior. Lo que, a su vez, explica que los técnicos, los

relojeros del siglo XVII, pudieran mejorar y perfeccionar los instrumentos que sus antecesores no pudieron inventar. Vivían en otro «clima» o «medio» técnico y estaban infectados por el espíritu de la precisión.

Lo he dicho ya, pero conviene repetirlo: la precisión se encarna en el mundo del «aproximadamente» mediante el instrumento, el pensamiento tecnológico se afirma *en* la construcción de instrumentos; las primeras máquinas *precisas* se inventan *para* la construcción de éstos. Así pues, la industria de la edad paleotécnica, la edad del vapor y del hierro, la edad tecnológica en el curso de la que se efectúa la penetración de la técnica por la teoría, se caracteriza por la precisión de sus máquinas, resultado de la aplicación de la ciencia a la industria, tanto como por el uso de fuentes de energía y de materiales que la naturaleza no nos ofrece tal cual.

Y la técnica de la segunda revolución industrial, para emplear la expresión del señor Friedmann, la de la industria neotécnica de la edad de la electricidad y de la ciencia aplicada, podría caracterizarse por el dominio de la teoría sobre la práctica. La época contemporánea se caracteriza por su fusión, la de los instrumentos que tienen la dimensión de fábricas, y de fábricas que poseen toda la precisión de instrumentos.

Alexandre Koyré
Pensar la ciencia

Alexandre Koyré (1892-1964) está considerado como el padre de los historiadores profesionales de la ciencia. Su peculiar manera de entender la disciplina influyó directamente sobre aquellos especialistas, ante todo anglosajones, que se iniciaron en el campo allá por los años 40, pero fue su concentración en el mundo intelectual de los autores del pasado, entendidos como peldaños insustituibles del ascenso positivista hacia la perfección actual, lo que le llevó a varias de sus mejores intuiciones.
Resultado de esta actitud general fueron características como el holismo de las ideas o la discontinuidad de los sistemas de pensamiento, pero también ciertas concepciones metafísicas acerca del camino de la mente hacia la verdad o acerca de la independencia del mundo de las ideas frente a los hechos naturales y sociales. No es extraño, pues, que Koyré acabara convirtiéndose en la referencia inexcusable no sólo de los que creen que los marcos conceptuales se transforman a través de contrastaciones empíricas, sino también de aquellos que hacen depender esas mutaciones de una negociación social que convierte las dificultades en refutaciones.
La introducción del presente volumen corre a cargo de Carlos Solís, profesor en el Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia de la Universidad Nacional de Educación a Distancia de Madrid, y autor, además, de *Razones e intereses: la historia de la ciencia después de Kuhn*, también publicado por Paidós.

ISBN 84-493-0046-0



Diseño: Mario Eskenazi